

DIE SUBEPIKARDIALEN VENEN DES MENSCHLICHEN HERZENS

Ulf Müller

Kiss
himchen
81

Aus der Anatomischen Anstalt

Ludwig - Maximilians - Universität München

(Vorstand: Prof. Dr. H. FRICK)

DIE SUBEPIKARDIALEN VENEN DES MENSCHLICHEN HERZENS

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von

ULF MÜLLER

aus

München

1984

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: ...Prof.. Dr.. med.. M.. v.. Lüdinghausen

Mitberichterstatter: Prof.. Dr.. med.. H.. Frick

Dekan:.....Prof.. Dr.. med.. W.. Spann.

Tag der mündlichen Prüfung: 10. Juli 1984

I. EINLEITUNG	1
II. MATERIAL UND METHODE	4
III. ERGEBNISSE	6
1. Verlaufsformen der Vena cordis magna und ihre Beziehung zum Hauptstamm und den Ästen der Arteria coronaria sinistra	7
2. Die subepikardialen Venen der Facies sternocostalis und diaphragmatica des rechten Herzens	9
2.1. Die Vena cordis parva und die Venae cordis anteriores	
2.2. Unterschiedliche Verlaufsformen und Mündungsarten von Vena cordis parva und Venae cordis anteriores	11
2.2.1. Intramurale Verlaufsformen	11
2.2.1.1. Histologische Untersuchungen	12
2.2.1.2. Lage und Mündung der intramuralen Sinus coronarii atrii dextri	13

2.2.1.3.	Länge des Sinus coronarius atrii dextri bei 102 Herzen	16
2.2.2.	Die Mündungsarten der Vena cordis media und der Vena cordis parva	17
2.2.3.	Anastomosen zwischen den Venen des rechten Herzens	18
2.2.4.	Beziehungen der Venen zu den Arterien auf der Facies diaphragmatica	18
2.2.4.1.	Vena cordis media und Ramus interventri- cularis posterior	18
2.2.4.2.	Vena cordis parva und Arteria coronaria dextra	20
2.2.4.3.	Sinus coronarius atrii dextri und Arteria coronaria dextra	21
2.3.	Intramurale Verläufe der Vena cordis magna	22

IV. DISKUSSION

1.	Ergebnisse anderer Autoren und Vergleich mit eigenen Befunden	23
1.1.	Verlaufsformen der Vena cordis magna und ihre Beziehung zum Hauptstamm und den Ästen der Arteria coronaria sinistra	23
1.2.	Beschreibung der Vena cordis parva und der Venae cordis anteriores	26
1.3.	Die Mündungen der subepikardialen Venen des rechten Herzens	29
1.4.	Intramurale Verlaufsstrecken der Venen des rechten Herzens	31
1.5.	Lagebeziehung der Venen zu den Arterien am rechten Herzen	33
2.	Die embryonale Entwicklung der Herzeigenvenen und des Sinussammelsystems	35
2.1.	Die Entwicklung des Sinus coronarius	35
2.2.	Die Entwicklung der Herzeigenvenen	36

2.3.	Die Entwicklung des Sinusoid-Systems	36
2.4.	Die Entwicklung des Sinus coronarius atrii dextri	37
2.5.	Gründe für das Fehlen einer Vena cordis parva (oder eines Sinus an entsprechender Stelle)	40
3.	Vergleichende Anatomie der Herzvenen	45
3.1.	Vergleichende Anatomie der Venen der Vorder-, Seiten- und Hinterfläche des rechten Herzens	45
3.2.	Die Phylogenese der Herzvenen	48
4.	Die Bedeutung der Venensysteme des Herzens im Tierexperiment und in der Humanmedizin	51
4.1.	Venöse Perfusion mit arteriellem oder venösem Blut	51
4.1.1.	Tierexperimente (Methoden)	51
4.1.2.	Indikationen für die klinische Anwendung	54

4.1.3.	Hindernisse der retrograden Versorgung des Myokards über die Herzvenen	55
--------	---	----

4.2.	Venöse Abflußstörungen bei pathologischem Perfusionsszintigramm	56
------	--	----

V. LITERATURVERZEICHNIS

VI. BILDMATERIAL

VII. ZUSAMMENFASSUNG

VIII. LEBENSLAUF

I. EINLEITUNG

Den Venensystemen des Menschen ist bisher in den morphologischen Disziplinen keine große Aufmerksamkeit geschenkt worden. Dies gilt insbesondere für die Venengeflechte des menschlichen Herzens, die - ganz im Gegensatz zu den Kranzarterien - klinisch für unbedeutend gehalten worden waren.

Nach meiner Kenntnis der Literatur der letzten 60 Jahre haben sich lediglich ADACHI und sein Mitarbeiter MOCHIZUKI (1933) anhand von 160 menschlichen Herzen, MECHANIK (160/1934) und AHO (200/1950) ausführlich mit den Venae cordis und ihren Ästen beschäftigt. Sie konnten dabei eine große Anzahl von Besonderheiten in den Verlaufs- und Mündungsformen dieser Venen und in ihren Beziehungen zu den Arteriae coronariae feststellen.

Die Ausführungen von MOCHIZUKI (1933) sind vorzüglich und seine Abbildungen von großer Genauigkeit. Dennoch legt er selbst großen Wert auf die Feststellung, daß es sich bei seinen Beschreibungen der Herzvenen nur um Befunde zur Anatomie der Japaner handelt, die sich von der Anatomie der Europäer in vieler Hinsicht unterscheidet. Diese Überlegungen waren der eigentliche Anlaß zu der Durchführung der vorliegenden Untersuchung.

Daneben haben auch Kardiologen und Herzchirurgen in den letzten Jahren ein besonderes Interesse an den Herzvenen gezeigt. Dabei ging es in der aktuellen wissenschaftlichen Diskussion vor allem um die Frage einer möglichen retrograden Perfusion von Herzvenen mit arteriellem Blut, um Komplikationen des Herzkatheterismus an den Mündungen der Herzvenen im rechten Vorhof - nämlich den pathologischen Perforationen -, oder um unklare venöse Abflußbehinderungen im Rahmen der Myokardszintigraphie (SIMON 1976, v.LÜDINGHAUSEN 1976).

In der mir zur Verfügung stehenden Literatur kommen uneinheitliche Termini der Venenstämme, vor allem denen des rechten Herzens, zur Anwendung. Deshalb stelle ich die gültigen Nomina anatomica, die ich im Folgenden verwende, voraus:

Vena cordis parva: Sie erhält Zuflüsse vorwiegend von der Hinterwand des rechten Ventrikels und Atriums. Sie verläuft im Sulcus coronarius über dem rechten Herzrand und der Facies diaphragmatica bis in Höhe des Sulcus interventricularis posterior. Hier mündet sie entweder in den Sinus coronarius, die Vena cordis media oder direkt in den rechten Vorhof.

Venae cordis anteriores: Sie entstehen im Myokard der Vorder-, Seiten- und Hinterfläche des rechten Ventrikels und

vereinigen sich zu einem oder mehreren Stämmchen, die sich direkt in den rechten Vorhof oder in die Vena cordis parva ergießen.

Vena cordis magna: Sie entsteht an der Herzspitze und verläuft im Sulcus interventricularis anterior, in dem sie ihre Zuflüsse aus der Vorderwand beider Ventrikel und aus dem Kammerseptum erhält, zieht in der linken Kranzfurche nach dorsal und mündet in den Sinus coronarius.

Vena marginalis dextra: Dieses Gefäß wird oft zu den Venae cordis anteriores gezählt. Es verläuft von der Herzspitze kommend auf dem rechten Herzrand in Richtung auf die Herzbasis und mündet nach Überquerung des Sulcus coronarius in die Vena cordis parva oder direkt in den rechten Vorhof.

Vena posterior ventriculi sinistri: Sie ist ein - meist kräftiges - Gefäß aus dem Bereich des linken Kammermyokards mit Mündung in die Vena cordis magna oder in den Sinus coronarius.

Vena cordis media: Sie beginnt an der Herzspitze, liegt im Sulcus interventricularis posterior und nimmt in ihrem Verlauf kleinere Venen von der Hinterwand beider Ventrikel und aus dem Septum interventriculare auf. Im Sulcus coronarius mündet sie in den Sinus coronarius, seltener eigenständig in den rechten Vorhof. Gelegentlich nimmt sie die Vena cordis parva auf.

Venae cordis minimae, Venae Thebesii: Diese kleinen, präparatorisch kaum darstellbaren Venen münden nach kurzem Verlauf mit punktförmigen Lumina direkt in die Vorhöfe und Herzkammern. Sie sollen zu den Venae cordis anteriores Verbindungen haben.

II. MATERIAL UND METHODEN

Das von mir bearbeitete Material besteht aus 114 Herzen von Individuen, die zwischen 64 und 92 Jahre alt geworden waren. Es handelt sich dabei um perfusionsfixierte Präparate aus dem Präpariersaal der Anatomischen Anstalt der Ludwig - Maximilians - Universität in München. Ein kleinerer Teil der Herzen war schon von Studenten vorpräpariert worden, wobei gelegentlich die größeren Herzvenen dargestellt, teilweise auch durchtrennt worden waren. Besonders in den von mir untersuchten Gebieten - den Kreuzungsstellen des Sulcus coronarius mit dem Sulcus interventricularis anterior und dem Sulcus interventricularis posterior - ergaben sich dadurch jedoch keine Nachteile. Die überwiegende Anzahl der Herzen war noch unpräpariert.

Ich habe bei der Bearbeitung des Materials mein Augenmerk vor allem auf zwei Gebiete gerichtet: Erstens auf die Venen im Sulcus coronarius dexter und seiner weiteren Umgebung, also auf die Vena cordis parva und die Venae cordis anteriores; zweitens auf die Vena cordis magna im Sulcus interventricularis anterior und Sulcus coronarius sinister. Mit den subepikardialen Venen stellte ich auch die Kranzarterien in einem Arbeitsgang dar.

Zur Bestimmung des Wandaufbaus der Venen im Bereich des rechten Vorhofs wurden von 14 Herzen aus der Seiten- und Hinterwand etwa 1 x 1 cm große und 2 mm dicke Myokardblöcke entnommen, in Paraffin eingebettet, nach Anfertigung von

8 μ m dicken Schnitten nach van Gieson-Elastika gefärbt und mikroskopisch untersucht.

Weiter standen mir 20 Korrosionspräparate der Herzgefäße zur Verfügung, die nach Sektionen im Pathologischen Institut Nymphenburg (Leiter: Prof.Dr.med.F.Occhionero) anhand von Frischpräparaten von Prof.Dr.med.M.v.Lüdinghausen hergestellt worden waren. Nach der Injektion von Technovit* und dessen Polymerisation wurden die Herzpräparate mit konzentrierter Kalilauge behandelt.

Wegen der großen Variabilität der Verzweigungsmuster und Verlaufsformen der Herzarterien und vor allem der Herzvenen ist eine statistische Einteilung der Verlaufsformen nur semiquantitativ möglich, weshalb seltene Verlaufsformen gesondert aufgeführt werden.

* 8001 Standard, Firma Kulzer, Bad Homburg v.d.H.

III. ERGEBNISSE

1. VERLAUFSFORMEN DER VENA CORDIS MAGNA UND IHRE BEZIEHUNG ZUM HAUPTSTAMM UND DEN ÄSTEN DER ARTERIA CORONARIA SINISTRA

In dem von mir bearbeiteten Material von 134 Herzen gibt es deutliche topographische Unterschiede in den Beziehungen von Vena cordis magna zu der Arteria coronaria sinistra und ihren Ästen. Ich habe im Sulcus interventricularis anterior und im Sulcus coronarius sinister folgende Verteilungsmuster der Herzgefäße angetroffen:

1. Die Vena cordis magna überkreuzt an 23 Herzen (17%) alle Äste der linken Kranzarterie oder die Vene und der Ramus interventricularis anterior verlaufen im gleichnamigen Sulcus ohne Kreuzungsstelle parallel (Abb.1).

Bei drei Präparaten schlingt sich ein kleiner peripherer Ast des Ramus circumflexus an der Facies diaphragmatica über die Vena cordis magna bzw. den Sinus coronarius. Es handelt sich dabei entweder um einen Vorhofast eines kammerwärts liegenden oder um einen Ventrikelaast eines vorhofwärts liegenden Ramus circumflexus der Arteria coronaria sinistra.

2. Die Vena cordis magna überkreuzt in 67 Fällen (50%) zwar den Ramus circumflexus und den Ramus interventricularis anterior, unterläuft aber den Ramus diagonalis und/oder andere diagonale Äste der linken Kranzarterie (Abb.2).

3. Bei 9 Herzen (7%) unterkreuzt die Vena cordis magna den Ramus oder mehrere Rami diagonales und zusätzlich den Ramus circumflexus der Arteria coronaria sinistra.

4. An 12 Präparaten (9%) unterläuft die große Herzvene nur den Ramus circumflexus der linken Kranzarterie (Abb.3).

5. Bei 5 Herzen (4%) liegt die Vena cordis magna unter dem Ramus interventricularis anterior, überquert aber die übrigen Äste der Arteria coronaria sinistra.

6. In 16 Fällen (11%) bleibt die Vene unter allen Ästen der linken Kranzarterie, teilweise aortennah unter dem Stamm der Arteria coronaria sinistra (Abb.4).

7. Sonderfälle:

- In einem Feuchtpräparat windet sich die Vena cordis magna um den Ramus circumflexus der Arteria coronaria sinistra in einer eineinhalb-fachen Schraubendrehung (Abb.5).

- Bei einem Korrosionspräparat verläuft die Vena cordis magna im Sulcus interventricularis anterior in Richtung auf die Herzbasis, biegt dann in einem stumpfen Winkel nach rechts um und zieht über den Ramus interventricularis anterior der linken Kranzarterie und den Conus arteriosus zum rechten Sulcus coronarius. Sie mündet gemeinsam mit mehreren Venae cordis anteriores an der Facies sternocostalis direkt in den rechten Vorhof (Abb.6, 7).

2.DIE SUBEPIKARDIALEN VENEN DER FACIES STERNOCOSTALIS UND DIAPHRAGMATICA DES RECHTEN HERZENS

2.1. Die Vena cordis parva und die Venae cordis anteriores mit der Vena marginalis dextra:

Die Vena cordis parva und die Venae cordis anteriores haben meist eigenständige Mündungen in den rechten Vorhof; sie sind alternierend für die Blutableitung aus dem Myokard der Facies sternocostalis und diaphragmatica des rechten Ventrikels zuständig. Eine starke Entfaltung der Vena cordis parva bedeutet oft wenige und zarte Venae cordis anteriores und Vena marginalis dextra oder gar ihr Fehlen. Umgekehrt können mehrere kräftige Venae cordis anteriores mit der Vena marginalis dextra von der Facies sternocostalis auf die Facies diaphragmatica übergreifen und den Einfluß und die Bedeutung der Vena cordis parva vermindern. Nicht selten wird die Vena cordis parva auch durch die Venae cordis anteriores und die Vena marginalis dextra völlig ersetzt. Ich möchte die Verteilungsmuster dieser Venen an den untersuchten 134 Herzen in 5 Gruppen einteilen:

1. Die kräftige Vena cordis parva erhält bei 5 Herzen (4%, kein Korrosionspräparat) alle ihre Zuflüsse aus dem Myokard der Facies sternocostalis und diaphragmatica des rechten Ventrikels, des rechten Atriums und des rechten Anteils des Conus arteriosus. Eigenständige Venae cordis anteriores existieren in diesem Fall nicht (Abb.8).

2. Die etwas schmalere Vena cordis parva entspringt bei 4 Herzen (3%, kein Korrosionspräparat) an der Facies diaphragmatica und im seitlichen Bereich der Facies sternocostalis. Im ventralen Bereich sind wenige - meist ein bis zwei - eigenständige Venae cordis anteriores anzutreffen (Abb.9).

3. Die erste Wurzel der mittelstarken Vena cordis parva entspricht bei 10 Herzen (7%, 2 Korrosionspräparate) der Vena marginalis dextra. Zusätzlich erhält sie Zuflüsse aus der Facies diaphragmatica. Auf der Facies sternocostalis finden sich 2 - 3 Venae cordis anteriores mit direkter Vorhofmündung (Abb.10, 13, 14).

4. Die zarte Vena cordis parva erhält bei 21 Herzen (16%, 8 Korrosionspräparate) nur Zuflüsse aus dem Myokard der Facies diaphragmatica. Die kräftige Vena marginalis dextra gehört zu den 3 - 4 eigenständigen Venae cordis anteriores mit direkter Vorhofmündung (Abb.11).

5. Die Vena cordis parva fehlt bei 94 Herzen (70%, 10 Korrosionspräparate) vollkommen oder ist nur als unbedeutendes bis stechnadelgroßes Gefäß angelegt. In den letzteren Fällen liegt sie meist nicht im Sulcus coronarius, sondern verläuft nach ihrem Ursprung aus einem markstückgroßen Myokardbezirk der Hinterwand der rechten Kammer vorhofwärts und biegt vor Erreichen der Kranzfurche im rechten Winkel zur Vena cordis media ab. Die 5-6 Venae cordis anteriores und mit ihnen die Vena marginalis dextra sichern den venösen Abfluß aus der Vorder- und Hinterwand des rechten Ventrikels (Abb.12).

2.2. Unterschiedliche Verlaufsformen und Mündungsarten von Vena cordis parva und Venae cordis anteriores

Da die Gefäße der Korrosionspräparate nicht selten Füllungsdefekte aufweisen, die eine genaue Beurteilung der feineren Venen und Arterien nicht erlauben, berücksichtige ich im Folgenden nur die 114 Herzen aus dem Präpariersaal.

2.2.1. Intramurale Verlaufsformen

In 84% der untersuchten Fälle münden die Venae cordis anteriores, Venae marginales dextrae und Venae cordis parvae nach Überquerung des Sulcus coronarius nicht jede für sich und unmittelbar in den rechten Vorhof, sondern sammeln sich jeweils in der verdickten Vorhofmuskulatur über der "lamina supravulvaris dextra" (McALPIN 1975) in einem parallel zur Kranzfurche gelegenen intramuralen venösen Tunnel oder See. Diese bis zu 12,5 cm langen Tunnel sind in der Facies sternocostalis, in der Facies pulmonalis dextra (Seitenfläche) oder in der Facies diaphragmatica der Vorhofmuskulatur nachweisbar. In den letzten Fällen fehlt meist eine Vena cordis parva an typischer Stelle. Der längste dieser Tunnel reicht vom Mündungstrichter des Sinus coronarius bzw. der Vena cordis media halbkreisförmig bis zur Vorderwand des rechten Vorhofs, fast bis an die Einmündung der Vena cava superior.

2.2.1.1. Histologische Untersuchungen

In 14 Fällen wurden aus der Wand des rechten Vorhofs Myokardblöcke mit Querschnitten des zuvor beschriebenen intramuskulär verlaufenden Tunnels entnommen und histologisch mit folgenden Ergebnissen untersucht:

a) Eingebettet in Vorhofmyokard liegt ein bleistift dickes, mit Endothel ausgekleidetes sinusoidales Gefäß ohne eigenständige glatte Muskulatur vor. Ein derartiger intramuraler Tunnel kann Sinus coronarius atrii dextri genannt werden (Abb.15 a).

b) Der teilweise auf der Vorhofmuskulatur gelegene, teilweise in die Muskulatur eingebettete Tunnelquerschnitt entspricht feingeweblich in seinem oberflächlichen subepikardialen Wandanteil einer Vene mit einer Tunica media aus glatten Muskelfasern. Dem tief eingegrabenen intramuralen Bereich fehlt dagegen die Tunica media; hier liegt die Tunica intima direkt der Vorhofmuskulatur an. In diesen Fällen handelt es sich teils um ein sinusartiges, teils um ein venöses Gefäß (Abb.15 b).

c) Der Tunnelquerschnitt entspricht in seiner ganzen Zirkumferenz dem Feinbau einer Vene, die sich teilweise eng an das Myokard angelagert oder auch teilweise in das Myokard eingegraben hat (Abb.15 c).

Die feingeweblichen Untersuchungen zeigen aber auch, daß ein intramuraler Tunnel der rechten Vorhofwand innerhalb dessel-

ben Herzens alle Übergangsformen von einer subepikardialen Vene zu einem intramuralen Sinus aufweist, bei denen sich die glatte Muskulatur der Tunica media der Venenwand verliert, bis schließlich die Tunica intima mit ihrem Endothel direkt an das Vorhofmyokard grenzt.

Es kann also im Einzelfall nur mit einer histologischen Untersuchung entschieden werden, ob in dem betreffenden intramuralen oder epimuralen venösen Sammelgefäß eine im oder am Myokard liegende Vene oder ein echter Myokardtunnel vorliegt. Da diese Gefäßabschnitte makroskopisch jedoch meist als Sinus imponieren, verwende ich im Folgenden nur die Bezeichnung "Sinus coronarii atrii dextri".

2.2.1.2. Lage und Mündungsöffnungen der intramuralen Sinus coronarii atrii dextri.

Die Verlaufsformen der subepikardialen Venen der rechten Herzkammer und der intramuralen Sinus in der Wand des rechten Vorhofs sind äußerst variabel. Eine Einteilung ist wegen zahlreicher Übergangsformen schwierig.

1. Sinus coronarius atrii dextri mit Mündung im Bereich des Sinus coronarius:

Bei 22 Herzen (19%) findet sich in der Wand des rechten Atriums an der Facies diaphragmatica ein intramuraler Tunnel, der im Mündungsgebiet des Sinus coronarius einmündet. Das Gefäß entspricht also der Lage und dem Verlauf der Vena cordis parva. Die Gruppe mit diesen Verlaufsformen ist nicht einheitlich, sondern enthält einige Varianten:

a) Der Sinus coronarius atrii dextri erhält bei 10 Herzen seine Zuflüsse von der Vorder-, Seiten- und Hinterwand des rechten Ventrikels, des rechten Atriums und des rechten Anteils des Conus arteriosus. Eigenständig mündende Venae cordis anteriores existieren in diesem Fall nicht (Abb.16, 21, 29a).

b) Der Sinus coronarius atrii dextri entspringt bei 8 Herzen an der Facies sternocostalis oder am rechten Herzrand, wobei aber wenige - meist ein bis zwei - eigenständig mündende Venae cordis anteriores anzutreffen sind (Abb.17, 18, 22).

c) Der Sinus coronarius atrii dextri besteht bei 4 Herzen im Bereich der Facies sternocostalis und pulmonalis, geht jedoch auf der Facies diaphragmatica in eine extramurale Vena cordis parva über, die in die Vena cordis media einmündet. Zugleich finden sich ein bis zwei Venae cordis anteriores mit eigener Vorhofsmündung (Abb.19, 20 - hier keine Venae cordis anteriores eingezeichnet -, 23).

Bei diesen Präparaten mündet der Sinus coronarius atrii dextri entweder direkt in den Sinus coronarius (20 Fälle) in den rechten Vorhof in der Nähe des Mündungsgebietes des Sinus coronarius in den rechten Vorhof (1 Fall) oder in die Vena cordis media (1 Fall). Zusätzlich ist bei 14 Herzen im Verlauf des Sinus coronarius atrii dextri eine weitere Mündungsöffnung, in einem Fall sind zwei weitere Mündungsöffnungen zum rechten Vorhof vorhanden.

Sonderfälle: An zwei der oben beschriebenen Herzen findet sich parallel zum Sinus coronarius atrii dextri eine Vena cordis parva an typischer Stelle, die "lehrbuchartig" kammerwärts von der rechten Kranzarterie liegt (Abb.24).

2. Sinus coronarius atrii dextri mit Mündung direkt in den rechten Vorhof:

Bei 83 Herzen (73%) vereinen sich einige oder alle Venae cordis anteriores und die Vena marginalis dextra nach Überbrückung des Sulcus coronarius auf den Facies sternocostalis et pulmonalis des rechten Vorhofes zu einem Sinus coronarius atrii dextri unterschiedlicher Länge, der an beliebigen Stellen, jedoch nicht im Bereich des Sinus coronarius, in den rechten Vorhof mündet. An manchen Herzen finden sich Teile des Sinus, die blind enden. Der Sinus coronarius atrii dextri verläuft meist (65 Herzen, 57%) in seiner gesamten Länge parallel zum Sulcus coronarius (Abb.25, 26, 29b u. c).

Sonderfälle:

a) An einem Präparat sind zwei getrennte Sinus jeweils an der Seiten- und der Hinterwand des rechten Vorhofs durch eine oberflächliche, also extramurale Vene verbunden.

b) Ein Präparat enthält in der Vorderwand des rechten Vorhofs einen Sinus, der aus drei Venae cordis anteriores gespeist wird, 4,5 cm lang senkrecht zum Sulcus coronarius im Vorhofdach verläuft und zwischen den beiden Hohlvenen einmündet (Abb.27).

Häufigkeit der Vorhofsmündungen dieser Sinus:

Bei 51 Präparaten (45%) ist eine Mündung, bei 29 Präparaten (25%) sind zwei und bei 3 Präparaten drei Mündungsöffnungen zum rechten Vorhof vorhanden.

Häufigkeit der Venenzuflüsse dieser Sinus:

Der Sinus coronarius atrii dextri im Bereich der Seiten- und Vorderwand des rechten Vorhofs (daher ohne Mündung in den Sinus coronarius) nimmt eine unterschiedliche Anzahl an Venae cordis anteriores auf. Ich habe folgende Verteilung gefunden:

Zahl der aufgenommenen

Venae c. anteriores:	1	2	3	4	5
Anzahl der Herzen:	24	26	16	10	4

Bei den restlichen drei Fällen sind die zarten, im Fettgewebe des Sulcus coronarius eingebetteten Zuflüsse präparatorisch nicht darstellbar.

3. Bei 18 Präparaten (16%) findet sich kein intramuraler Sinus in der Wand des rechten Vorhofs.

2.2.1.3. Länge des Sinus coronarius atrii dextri bei 96 Herzen:

Länge in cm:	0	2	3	4	5	6	7
Anzahl der Sinus:	28	25	12	9	6	7	13

Der kürzeste Sinus ist 0,5 cm, der längste 12,5 cm lang.

Da vier Herzen zwei Sinus in der Vorhofswand haben, liegt die Anzahl der Sinus über der Gesamtzahl der Herzen.

2.2.2. Die Mündungsarten der Vena cordis media und der Vena cordis parva

Die Vena cordis media entwickelt sich aus den Venengeflechten an der Herzspitze und verläuft im Sulcus interventricularis posterior zum Sulcus coronarius. Bei der Betrachtung der Herzaußenfläche scheint häufig eine eigenständige Vorhofmündung der Vena cordis media vorzuliegen. Durch die Untersuchung der Innenfläche des rechten Vorhofs kann dieser Befund jedoch nur in zwei Fällen bestätigt werden. In der überwiegenden Zahl der Herzen ergießt sich die Vena cordis media in den Mündungstrichter des Sinus coronarius.

Im Gegensatz zum oben beschriebenen Sinus coronarius atrii dextri verfügt die 30 mal (26%) präparatorisch darstellbare Vena cordis parva immer nur über eine Mündung. Diese liegt bei 19 Herzen (17%) im Sinus coronarius. Bei 9 Präparaten (7%) endet die Vena cordis parva in der Vena cordis media. An zwei Herzen hat sie eine direkte Öffnung in den rechten Vorhof. Der Abstand zwischen den Mündungsöffnungen der Vena cordis parva und des Sinus coronarius beträgt hierbei etwa 0,5 cm.

2.2.3. Anastomosen zwischen den Venen des rechten und linken Herzens

Präparatorisch oder durch Injektion darstellbare subepikardiale Anastomosen sind zwischen den peripheren Zuflüssen aller Herzvenen häufig. Vor allem im Bereich der Herzspitze bilden sich im subepikardialen Fettgewebe engmaschige, dichte Venengeflechte oder -netze zwischen Vena cordis magna, Vena cordis parva, Vena marginalis dextra und Vena posterior ventriculi sinistri.

Etwas seltener (3 Fälle) sind direkte großkalibrige Anastomosen zwischen den Hauptstämmen der Vena cordis parva und Venae cordis anteriores. Diese Verbindungsvenen liegen am unteren Rand des Sulcus coronarius auf dem Myokard des rechten Ventrikels.

2.2.4. Beziehungen der Venen zu den Arterien auf der Facies diaphragmatica

2.2.4.1. Vena cordis media und Ramus interventricularis posterior

Die Vena cordis media liegt in der Regel direkt subepikardial und damit oberflächlich im Fettgewebe des Sulcus interventricularis posterior und über dem jeweiligen Ramus interventricularis. Dessen Herkunft hängt vom jeweiligen arteriellen Versorgungstyp des Herzens ab, d.h. der Ramus interventricularis posterior ist ein Ast der an der Facies diaphragmatica dominierenden Kranzarterie.

Eine Dominanz des Ramus circumflexus der Arteria coronaria sinistra liegt bei 12 Herzen (10%) vor. Hier wird der Ramus interventricularis posterior als absteigender Endast des Ramus circumflexus der linken Kranzarterie stets von der Vena cordis media kurz vor ihrer Mündung überkreuzt. Der Ramus circumflexus verläuft dabei meist unterhalb des Sinus coronarius im gleichnamigen Sulcus.

Sonderfall: An einem Herzen liegen die Vena cordis media und der Ramus interventricularis posterior als Endast des Ramus circumflexus ungekreuzt und daher parallel zueinander.

Bei 90% der Herzen dominiert im Sulcus interventricularis posterior die Arteria coronaria dextra mit ihrem Ramus interventricularis posterior. In diesen Fällen liegt entweder die Vena cordis media links und parallel von der Arterie: 55 Herzen (48%). Oder die Vene kommt bei ausgeprägter Dominanz der Arteria coronaria dextra rechts von der Arterie zu liegen: 41 Herzen (36%).

Sonderfälle:

- Die Vena cordis media liegt auf dem Ramus interventricularis posterior und unterkreuzt den im Sulcus coronarius liegenden Endast der rechten Kranzarterie: 1 Fall.
- Die Vena cordis media verläuft unterhalb des Ramus interventricularis posterior oder seiner Äste: 4 Fälle.
- Die Vena cordis media liegt ohne Kreuzung parallel zum Ramus interventricularis posterior und unterkreuzt den im Sulcus coronarius liegenden Endast der rechten Kranzarterie: 1 Fall.

2.2.4.2. Vena cordis parva und Arteria coronaria dextra

Bei der Vena cordis parva ist die Beziehung zur rechten Kranzarterie von Bedeutung:

- Bei 17 Herzen (15%) liegt sie vorhofwärts von der Arterie. Ihre Zuflüsse, soweit sie präparatorisch darstellbar sind, kreuzen über die Arteria coronaria dextra.
- In 7 Fällen verläuft sie kammerwärts von der Arterie. Zwei dieser Herzen verfügen zugleich über einen in der dorsalen Vorderwand gelegenen Sinus coronarius atrii dextri. Die rechte Kranzarterie liegt damit zwischen Sinus und Vene (Abb.24).
- In einem Fall ist die Vena cordis parva tief in den Sulcus coronarius eingebettet und verläuft unter der Arteria coronaria dextra.
- Bei 4 Herzen liegt die Vena cordis parva unmittelbar auf dem Hauptstamm der Arteria coronaria dextra.
- An einem Herzen geht ein kurzer Sinus coronarius atrii dextri in der seitlichen Vorhofswand in eine dorsal gelegene Vena cordis parva über, die sich in einer Schraubendrehung um die rechte Kranzarterie windet, bevor sie in den Sinus coronarius einmündet.
- Nur in einem Fall unterkreuzt die Vene kurz vor ihrer Mündung in den Sinus coronarius den in diesem Fall dominierenden Ramus circumflexus der linken Kranzarterie.

2.2.4.3. Sinus coronarius atrii dextri und Arteria coronaria dextra

Da der Sinus coronarius atrii dextri in das Myokard des rechten Atriums eingebettet ist, liegt er immer oberhalb von der im Sulcus coronarius befindlichen Arteria coronaria dextra. Vorhofäste der Arterie, zum Beispiel eine eventuell vorhandene rechte Sinusknotenarterie, sind auf der Facies diaphragmatica oft dem Myokard des Atrium aufgelagert und überkreuzen dabei bei 19 Herzen (17%) den Sinus.

Sinus coronarius atrii dextri mit Mündung im Bereich des Sinus coronarius (22 Fälle):

Seine Zuflüsse, das heißt die Venae cordis anteriores und die Vena marginalis dextra, überkreuzen an 13 Herzen die Kranzarterie und unterkreuzen sie an 5 Herzen. Bei den restlichen 4 Fällen sind die zarten, in das Fettgewebe des Sulcus coronarius eingebetteten Zuflüsse präparatorisch nicht darstellbar.

Sinus coronarius atrii dextri mit Mündung direkt in den rechten Vorhof (83 Fälle):

Auch hier verlaufen die Venae cordis anteriores und die Vena cordis marginalis dextra über den Sulcus coronarius und damit meist über die Arteria coronaria dextra: 64 Herzen (56%). Bei 8 Herzen unterkreuzen sämtliche Venae cordis anteriores die Kranzarterie. 11 mal (10%) findet sich ein Mischtyp, bei dem einige Venen über die Arterie, andere darunter verlaufen. Letztere sind oft mit den Venen des Conus arteriosus, auch Cruveilhiersche Venen genannt, identisch.

2.3. Intramurale Verläufe der Vena cordis magna

Drei der vorliegenden 114 Präparate verfügen etwa in der Mitte der Länge des Sulcus interventricularis anterior über eine intramurale Verlaufsstrecke der Vena cordis magna. Hierbei senkt sich die Vene auf einer gewissen Länge - von 0,2 cm bis 2,2 cm - in die oberflächlichen Muskelschichten ein, bzw. die Vena cordis magna wird hier von ungleich breiten Myokardbrücken überspannt. An einem Herzen befindet sich die intramurale Verlaufsstrecke oder die Myokardbrücke der Vena cordis magna direkt neben einem intramuralen Teilstück des Ramus interventricularis anterior der linken Kranzarterie (Abb.28).

DISKUSSION

1. ERGEBNISSE ANDERER AUTOREN UND VERGLEICH MIT EIGENEN BEFUNDEN

Wie bereits erwähnt, hat sich vor allem MOCHIZUKI (1933) mit den Venen des menschlichen Herzens befaßt. Weiter liegen umfangreiche Untersuchungen von AHO (1950) und MECHANIK (1934) vor. Im einzelnen kommen diese Autoren zu folgenden Ergebnissen:

1.1. Verlaufsformen der Vena cordis magna und ihre Beziehung zum Hauptstamm und den Ästen der Arteria coronaria sinistra

Alle Untersucher sind sich darin einig, daß die Vena cordis magna am Apex cordis entspringt und an der Facies sternocostalis des Herzens im Sulcus interventricularis anterior verläuft. Deshalb wird diese Vene im angloamerikanischen Schrifttum auch Vena interventricularis anterior genannt, die erst im Sulcus coronarius zur Vena cordis magna wird (MCALPIN 1975).

Die einzelnen, oft miteinander anastomosierenden Zuflüsse, vorwiegend von der Herzspitze, vom Kammerseptum und von der Vorderwand der linken Herzkammer, vereinigen sich zu einer großen Vene - eben zur Vena cordis magna -, die im Sulcus coronarius zum Sinus coronarius führt. In diesem Bereich münden weitere kleinere und größere Venen ein, darunter die Vena posterior ventriculi sinistri mit Zuflüssen von der Vorder- und Seitenwand der linken Kammer.

Dabei verläuft die Vena cordis magna nach Darstellung und Angabe der meisten Autoren (AHO 1950, MOCHIZUKI 1933, SO-BOTTA/BECHER 1982) gewöhnlich oberflächlicher als der Stamm und die Äste der Arteria coronaria sinistra. Nach meinen Präparationenn ist dies lediglich bei 17%, nach MOCHIZUKI hingegen bei 61% der von ihm untersuchten Herzen verstorbener Japaner der Fall. AHO (1950) schreibt: "... most branches of the left coronary artery as a rule, run beneath the stem of the vein, but there is always some prominent arterial branch also overlaying it." Welche Arterienäste mit welcher Verteilung das sind, führt AHO nicht genau an. Anders MOCHIZUKI (1933), der zu folgenden Resultaten kommt, die ich mit meinen Ergebnissen vergleichen möchte:

Verlauf der Vena cordis magna	eigenes Mat.	MOCHIZUKI
Über dem Hauptstamm und/oder allen Ästen der Arteria coronaria sinistra:	17	61
unter dem Hauptstamm und/oder allen Ästen der Arteria coronaria sinistra:	11	] 29
nur unter dem Ramus diagonalis, oder den Rami diagonales:	57	
nur unter dem Ramus interventricularis anterior:	4	4

nur unter dem Ramus circumflexus:

| 9

6

Angaben in Prozent

Einschränkend muß gesagt werden, daß MOCHIZUKI (1933) nur Äste der linken Kranzarterie berücksichtigt, die stärker sind als 2 mm. Gerade der Ramus diagonalis der Arteria coronaria sinistra hat häufig einen geringeren Durchmesser, was die Unterschiede in den Ergebnissen teilweise erklären mag. Aus klinischen und praktischen Gründen habe ich alle präparatorisch darstellbaren Arterien aufgeführt.

Sonderfälle beschreibt MOCHIZUKI nicht.

McALPIN (1975) zeigt in Fotos und Zeichnungen einige Herzen, bei denen die Vena cordis magna unter dem Ramus diagonalis und über den Ramus circumflexus kreuzt, ohne daß Angaben zur Häufigkeit dieser Verlaufsformen gemacht werden.

In der mir zur Verfügung stehenden Literatur fand ich keine Beschreibungen, die sich mit der Beziehung der Vena cordis magna zur Arteria coronaria sinistra befassen. Offenbar wird die in den Lehrbüchern (BRAUS-ELZE 1960, BENNINGHOFF-GOERTTLER 1977, SPALTEHOLZ-SPANNER 1961) angegebene Verlaufsform, bei der die Vene über allen Ästen der linken Kranzarterie liegt, als Regelfall angesehen. Diese Darstellung weicht von meinen Untersuchungen erheblich ab.

1.2. Beschreibung der Vena cordis parva und der Venae cordis anteriores

Die Vena cordis parva ist das Gefäß am menschlichen Herzen, das die häufigsten Variationen aufweist. Auch aus diesem Grunde gibt es einige unterschiedliche Benennungen (Small cardiac vein, Vena coronaria dextra, Vena circumflexa dextra) In den Lehrbüchern (FENEIS 1974) wird häufig ein Koronarvenenmuster angegeben, bei dem die Vena cordis parva zum Sammelsystem des Sinus coronarius gehört, während die 3 - 4 Venae cordis anteriores direkt in den rechten Vorhof einmünden. HURST (1974) schreibt, daß in der Regel das Myokard der Außenwand des rechten Ventrikels von den Venae cordis anteriores, das Myokard des linken Ventrikels durch den Sinus coronarius und seinen Zuflüssen entblutet wird. Die Vena cordis parva erwähnt er nicht weiter.

Genaue Angaben stammen von AHO (1950) und MOCHIZUKI (1933), mit deren Befunden ich meine Untersuchungsergebnisse verglichen habe. Angaben in Prozent.

Verlauf der Vena cordis parva und der Venae cordis anteriores	eigenes MOCHIZUKI AHO Mat.		
Vena cordis parva erhält Zuflüsse aus allen Venen der Vorder-, Seiten- und Hinterwand der rechten Herz- kammer; Venae cordis anteriores fehlen:	4	11	33
Vena cordis parva hat ein reduziertes Kaliber, da sie nur die Seiten- und Hinterwand der rechten Kammer ent- blutet; dafür finden sich einige Venae cordis anteriores auf der Vorderfläche.	3	14	6
Die erste Wurzel der noch mehr redu- zierten Vena cordis parva ist iden- tisch mit der Vena marginalis dextra; daneben verlaufen einige Venae cordis anteriores an der Vorder- und Seitenwand der rechten Kammer.	7	10	22
Die sehr schmale Vena cordis parva und ihre Zuflüsse bleiben auf die Facies	16	11	

diaphragmatica beschränkt; auf der Vorder- und Seitenfläche dominieren die zahlreichen Venae cordis anteriores:

Vena cordis parva fehlt oder ist als fadenförmiges Gefäß angelegt; Venae cordis anteriores und mit ihr die Vena marginalis dextra entbluten alle Außenwände des rechten Ventrikels.

70

54

39

Meine Ergebnisse entsprechen dabei in etwa denen von MOCHIZUKI (1933), zeigen jedoch größere Unterschiede zu denen von AHO (1950). Das Untersuchungsmaterial von MECHANIK (1934) weist sogar nur in 10% der Fälle keine Vena cordis parva auf. Die Differenzen der Prozentangaben mögen darauf zurückgeführt werden, daß ich eine nur fadenförmige, präparatorisch fast nicht darstellbare Vena cordis parva als funktionell nicht vorhanden und in die Gruppe der Fälle mit völligem Fehlen der kleinen Herzvene eingestuft habe.

Häufig werden die Venae cordis anteriores auch Venae cordis parvae genannt (TANDLER 1913), was zu Verwechslungen führen kann. Jeweils mit Eigennamen versehen sind einzelne Venen aus der Gruppe der Venae cordis anteriores: Die Vena margi-

nalis dextra wird auch Vena Galeni, die vom Conus arteriosus kommende Vene wird Cruveilhier'sche Vene und die Vene aus dem Anfangsteil von Aorta, Arteria pulmonalis und dem anliegenden Stück des rechten Herzohres wird Zuckerkandl'sche Vene genannt.

Die in meinem Material vorliegenden besonderen Verlaufsformen der Vena cordis parva und media werden in der Literatur nicht erwähnt:

- Eine Vena cordis magna, die vom Sulcus interventricularis anterior über den Conus arteriosus läuft und in der Art einer Vena cordis anterior in den rechten Vorhof einmündet.
- Zwei parallel verlaufende venöse Gefäße, ein Sinus coronarius atrii dextri und eine Vena cordis parva (Venen im und neben dem Sulcus coronarius).

1.3. Die Mündungen der subepikardialen Venen des rechten Herzens

Die Vena cordis parva gehört nach MECHANIK (1934) - falls sie angelegt ist - zum Sinussammelsystem des Herzens. Eine Zusammenstellung der Befunde von MOCHIZUKI, AHO und meinen Ergebnissen ergibt allerdings, daß die Vena cordis parva nur in 20 - 60% der Fälle, in denen sie anzutreffen ist, direkt in den Sinus coronarius einmündet.

Vena cordis parva mündet in:	eigenes Mat.	MOCHIZUKI	AHO
den Sinus coronarius:	17	21	15
die Vena cordis media:	7	14	45
direkt in den rechten Vorhof:	2	0	1
Angaben in Prozent			

Die Öffnungen der Venae cordis anteriores werden von MECHANIK (1934), AHO (1950), ESPERANCA PINA (1975) und HURST (1974) sehr detailliert behandelt. Diese Autoren finden dabei bis zu sechs Venae cordis anteriores, die sich einzeln in den rechten Vorhof ergießen. Häufig sammeln sie sich über der Vorderwand der rechten Kammer in einem gemeinsamen Venenstamm, der im rechten Winkel zur Arteria coronaria dextra über den Sulcus coronarius zum rechten Vorhof läuft.

MECHANIK (1934) berichtet von einem Herzpräparat mit Übergang des Sinus-coronarius-Sammelsystems zu einem auf dem rechten Vorhof befindlichen "System des venösen Zusammenflusses", der Venae cordis anteriores; in einzelnen Fällen hat sich dabei auch die Vena cordis media vom Sinussammelsystem getrennt und weist eine eigene Mündung in den rechten Vorhof auf. Ähnliche Ergebnisse finden sich bei AHO (1950) und HURST (1974), nicht aber bei MOCHIZUKI (1933). Auch in meinem Material finden sich zwei Herzen mit eigener Mündung der Vena cordis media in den rechten Vorhof.

1.4. Intramurale Verlaufsstrecken der Venen des rechten Vorhofs

Hinweise auf das Vorhandensein von intramuralen Tunnel wie die Sinus coronarii atrii dextri finden sich bei GOERTTLER (1963): "Die Vena cordis parva wird oft mehr oder weniger vollständig von Herzmuskulatur umhüllt". ESPERANCA PINA (1975) bemerkt dazu: "...common canal situated in the inferior portion of the anterior and external face of the right atrium, sometimes resembling a common trunk of the anterior cardiac veins. ... In some cases it ran backwards and to the right, anastomosing with the small cardiac vein (when it existed) forming an almost complete circle in the auriculo-ventricular sulcus.", HURST (1974) schließlich beobachtet: "Bei manchen Herzen besteht eine subintimale Sammelvene an der Basis des rechten Vorhofs, in die die vorderen Herzvenen sich entleeren." McALPIN (1975) beschreibt an einem von ihm untersuchten Herzen einen intramuralen "venous lake", der die Venae cordis anteriores aufnimmt. Nach MOCHIZUKI (1933) liegt die Vena cordis parva anstatt im Sulcus coronarius am oberen Umfang desselben in der Muskelwand des Atrium dextrum, so daß sie äußerlich nicht sichtbar ist und scheinbar fehlt. Dieser Autor berichtet auch von einem entsprechenden Verhalten der Venae cordis anteriores: "Sehr erwähnenswert ist, daß dieses Stämmchen (gemeinsame Endstrecke mehrerer Venae cordis anteriores, d.Verf.) sehr oft in der Muskulatur der Atriumwand verläuft, genau in derselben Art wie bei der Vena cordis parva."

MOCHIZUKI hat auch die Häufigkeit dieser Eigentümlichkeit untersucht. Er kam zu folgenden Resultaten, die ich mit meinen Ergebnissen vergleichen möchte:

Häufigkeit des Sinus coronarius atrii dextri vorwiegend an der Hinter- wand des rechten Ventrikels in %:	eigenes Mat.	MOCHIZUKI
insgesamt:	19	10

Häufigkeit des Sinus coronarius atrii dextri vorwiegend an der Vorder- und Seitenwand des rechten Vorhofs in %:	eigenes Mat.	MOCHIZUKI
insgesamt:	73	9

MOCHIZUKI beschreibt an einem Herzen als Besonderheit, daß der Sinus coronarius atrii dextri über einen Fortsatz verfügt, der weder an eine Vene noch an den rechten Vorhof Anschluß hat, also blind endet; dies ist eine Beobachtung, die auch ich mehrfach gemacht habe.

1.5. Lagebeziehung der Venen zu den Arterien am rechten Herzen

Da die Venen und Arterien des Herzens in der systematischen, aber auch in der topographischen Anatomie meist getrennt behandelt werden, fehlen häufig Hinweise auf das Verhältnis der Venen und Arterien zueinander. Eine Ausnahme macht hierbei wiederum MOCHIZUKI (1933), bei dem an 5 Herzen (3%) die Vena cordis media im Sulcus interventricularis posterior die gleichnamige Arterie unterkreuzt; etwa dasselbe Verhalten der Gefäße im Sulcus interventricularis posterior fand ich bei 4 Herzen (4%).

Bei MOCHIZUKI liegt die Vena cordis parva oder ein intramuraler Kanal an 28 Herzen (18%) oberhalb der rechten Kranzarterie und damit im Bereich des rechten Vorhofes. Im eigenen Material war dieser Befund 37 mal (34%) nachweisbar. Diese Angaben sind ebenso wie die nachfolgenden nur unter Vorbehalt vergleichbar, da ich - im Gegensatz zu MOCHIZUKI - die Fälle der Vena cordis parva aus der Gruppe 4 (s.o., Zuflüsse nur aus dem Myokard der Facies diaphragmatica) mitgerechnet habe. Bei 12 Herzen (8%) von MOCHIZUKIs Material liegt die Vene unterhalb der Arteria coronaria dextra; im eigenen Material war dies bei 7 Herzen (6%) der Fall.

Hinsichtlich der Häufigkeit und Verteilung der Venae cordis anteriores enthält die Arbeit von MOCHIZUKI keine detail-

lierten Angaben. Dieser Autor beschreibt die Venae cordis anteriores mit eigener Vorhofmündung zusammen mit denen, die in die Vena cordis parva münden. Deshalb ist ein Vergleich mit meinen Ergebnissen nicht möglich.

Es läßt sich, auch in Übereinstimmung mit AHO (1950), feststellen, daß die Venae cordis anteriores die Arteria coronaria dextra meist überkreuzen, um dann in den rechten Vorhof einzumünden.

2. DIE ENTWICKLUNG DER HERZVENEN UND DES SINUSSAMMELSYSTEMS

2.1. Die Entwicklung des Sinus coronarius

Am venösen, kaudalen Ende des frühembryonalen Herzschauches findet sich ein Sinus venosus, der in querer Richtung verbreitert ist und in den die Venae omphalomesentericae, die Venae umbilicales und die Ductus Cuvieri (Leibeswandvenen) einmünden (STARCK 1965). Vorhof und Sinus sind zunächst kaum voneinander abgegrenzt. Am Sinus selbst sind jeweils die Abschnitte, die die Ductus Cuvieri aufnehmen, nach lateral zum Sinushorn ausgezogen. Ursprünglich liegt der Sinus venosus am weitesten kaudal. Durch das Ventrikelwachstum und dadurch, daß die Herzanlage insgesamt vom Halsbereich in den Brustbereich herabwandert, rückt der gesamte Vorhof zusammen mit dem Sinus venosus nach dorsokranial. Die Ductus Cuvieri münden jetzt von kranial in das Sinusquerstück. Zu Beginn des 2. Embryonalmonats bezieht der rechte Vorhof durch seine zunehmende Ausdehnung die rechte Hälfte des Sinusquerstückes und das rechte Sinushorn in seine Dorsalwand ein. Dieser Teil ist im ausgebildeten Herzen an seiner glatten Wand kenntlich. Das linke Sinushorn mit der hier einmündenden Vena cava sinistra bleibt im Wachstum zurück, obliteriert teilweise und wird zur Vena obliqua atrii sinistri, beziehungsweise zur Plica venae cavae sinistra. Die linke Hälfte des Querstückes des Sinus venosus wird zum großen Sammelgefäß des Herzmuskels - Sinus coronarius cordis.

2.2. Die Entwicklung der Venae cordis

Die Koronarvenenstämme treten beim Menschen früher auf als die Koronararterien. Sie entwickeln sich aus dem Sinus venosus und den Sinushörnern als solide Endothelsprossen, die bevorzugt in den Herzfurchen verlaufen und etwa beim 14 mm langen, bis 35 Tage alten Embryo kanalisiert werden (GOERTTLER 1963, HEINE 1976). Diese Herzvenen entstehen also nicht in den Gebieten selbst, in denen sie später angetroffen werden und deren venöse Entsorgung sie übernehmen, sondern sie wandern erst in diese ein (LEWIS 1904, BENNETT 1936, HABERMEHL 1967). Da eine leistungsfähige Vena cordis parva nur in 43% meiner Fälle angelegt ist, stellt sich die Frage, ob dieses Gefäß nicht in den meisten Fällen eine verzögerte Entwicklung durchmacht oder gar nicht erst zur Anlage kommt, oder ob die ursprünglich angelegte Vene später in zahlreichen Fällen zurückgebildet wird.

2.3. Die Entwicklung des Sinusoid-Systems

Die Venae cordis anteriores entstehen auf eine andere Weise: Myokardmuskelsäulen der Herzzinnenräume bilden frühembryonal ein sinusoidales Maschenwerk mit intramuralen Divertikeln (LEWIS 1904). Diese subendokardialen Divertikel finden sich vor allem in der Wand des rechten Vorhofs am Sulcus coronarius. Aus Angioblastensprossen der Divertikel entwickelt sich intramyokardial ein weit verzweigtes Kapillarnetz, das Anschluß sowohl an die subepikardialen Venen aus dem Sinus

coronarius als auch an die Sinusoide erhält und somit eine Kommunikation zwischen Herzvenen und Herzzinnenräumen darstellt (LEWIS 1904, LICATA 1954, GOERTTLER 1963).

Am Herzen des Erwachsenen gibt es danach Residuen der embryonalen Sinusoide, bzw. Divertikel und ihrer Kapillarsprossen:

a) die Venae cordis minimae, die auch Thebesische Venen genannt werden, führen ebenso wie diese Pendelblut, das heißt, sie werden je nach Kontraktionszustand des Myokards von arteriellem oder venösem Blut durchströmt (HEINE 1976)

b) der Sinus coronarius atrii dextri und die Venae cordis anteriores, die vermutlich nur noch venöses Blut führen (LICATA 1954 u. 1962, GOERTTLER 1963).

2.4. Die Entwicklung der Sinus coronarius atrii dextri

Ob nun alle Formen des Sinus coronarius atrii dextri, der sich immerhin in 84% aller Herzen nachweisen läßt, auf diese Weise entstanden sind, ist fraglich. Da im Bereich der Vorder- und Seitenwand des rechten Vorhofs die Venae cordis anteriores aus Vorhofdivertikeln ausgesproßt sind, läßt sich für einen in der Vorder- und Seitenwand befindlichen Sinus coronarius atrii dextri als Endstück dieser Venen (mit Mündung in den rechten Vorhof) der gleiche Ursprung annehmen. Der Sinus coronarius atrii dextri dagegen im Bereich der Hinterwand des rechten Vorhofs und meist anstelle der

Vena cordis parva (mit Mündung in den Sinus coronarius) stellt entweder einen intramural ausgesproßten Venenstamm anstelle oder neben der extramuralen Vena cordis parva dar; es ist aber denkbar, daß sich die Entstehung auch dieses Sinus vom Sinusoidsystem herleiten läßt. Für diese Annahme gibt es bei meinen Präparaten mehrere Hinweise:

a) Die intramurale Verlaufsform der Sinus in der Vorder- und Hinterwand des rechten Vorhofs:

Sowohl als Endstück bzw. Sammelbecken der Venae cordis anteriores in der Vorder- und Seitenwand des rechten Vorhofs als auch als Ersatzgefäß anstelle der Vena cordis parva in der Hinterwand bietet der Sinus coronarius atrii dextri das gleiche makroskopische und histologische Bild: er ist in das Myokard eingebettet und besitzt meist keine eigenständige Tunica media aus glatter Muskulatur.

b) Die Mündungsarten der Sinus coronarius atrii dextri:

Als intramurales Sammelbecken für die Venae cordis anteriores mündet der Sinus coronarius atrii dextri immer direkt in den rechten Vorhof, an einem Herzen nur in 1 cm Entfernung vom Sinus coronarius. Der Sinus in der Hinterwand des rechten Vorhofs anstelle der Vena cordis parva öffnet sich in den Mündungstrichter des Sinus coronarius oder in einigen Fällen unmittelbar rechts neben ihn (0,5 cm). Zusätzlich verfügt er an 15 Herzen über eine oder zwei weitere direkte Vorhofmündungen.

c) Verlaufsrichtungen der Sinus coronarius atrii dextri:

Der Sinus coronarius atrii dextri liegt fast immer parallel zum Sulcus coronarius. Funktionelle Gründe für dieses Verhalten, die zum Beispiel durch besondere Strömungs- oder Druckunterschiede bedingt sein können, lassen sich nicht erkennen, vor allem auch deshalb nicht, weil die Sinus gelegentlich blindsackartig enden. Eine mögliche Erklärung für das Vorkommen dieser Sinusform wäre, daß eine einmal vorhandene Verbindung zwischen dem Sinus der Vorderwand und dem der Hinterwand des rechten Vorhofs im Laufe der Entwicklung "abgerissen" ist. Dafür spricht auch die Beobachtung des gleichzeitigen Vorkommens dieser Sinus an der Vorder- und Hinterwand desselben Herzens.

d) Gleichzeitiges Vorkommen eines Sinus coronarius atrii dextri und einer Vena cordis parva:

In zwei Fällen verlaufen eine Vena cordis parva im Sulcus coronarius und ein Sinus in der Hinterwand des rechten Vorhofs parallel. Hierbei wird also die rechte Kranzarterie von zwei venösen Gefäßen, nämlich der kammerwärts gelegenen Vena cordis parva und dem Sinus in der rechten Vorhofwand begleitet (Abb.25). Die Vene mündet in die Vena cordis media, der Sinus in den Sinus coronarius.

Das gleichzeitige Vorhandensein von zwei verschiedenen venösen Gefäßen aus demselben Quellgebiet deutet auf zwei verschiedene Entstehungsursachen hin:

- Die Vena cordis parva stellt - wenn sie angelegt ist - eine Aussprossung aus dem Sinus coronarius dar oder ist eine

stärker entwickelte Wurzel der Vena cordis media. Für diese Annahme spricht, daß die Vena cordis parva häufig (der Sinus coronarius atrii dextri jedoch niemals) in die Vena cordis media einmündet.

- Der Sinus coronarius atrii dextri entsteht aus konfluierten subendokardialen Divertikeln. Das auf diese Weise entstandene Gefäß kann in der Folge Anschluß an das Sinussammelsystem erhalten. Weniger wahrscheinlich ist, daß er eine intramurale Aussprossung aus dem Sinus cordis darstellt.

2.5. Gründe für das Fehlen einer Vena cordis parva (oder eines Sinus an entsprechender Stelle)

Eine Vena cordis parva oder ein Sinus an entsprechender Stelle ist in 40% der Fälle in einem unterschiedlichen Ausmaß angelegt. Je größer die Kaliber und damit die Bedeutung der Venae cordis anteriores sind, desto geringer ist die Bedeutung der Vena cordis parva (s.S.8).

Die Ausbildung von Venen ist bei den Säugetierherzen möglicherweise an den Stellen bevorzugt, an denen das venöse Blut in möglichst energiesparender Weise dem rechten Herzen und damit dem Lungenkreislauf zugeführt wird. Der Sogkraft des rechten Vorhofs und der Muskelpumpe des Myokards steht dabei vor allem der innere Strömungswiderstand des Blutes in den venösen Gefäßen entgegen. Nach dem Poiseuille'schen Gesetz ist der Strömungswiderstand $W = 8 \times l \times \eta / \pi \times r^4$

(l in cm = Länge des Rohres, r in cm = Innendurchmesser des Rohres, η = Viskosität = Koeffizient der inneren Reibung der Flüssigkeit). Aus diesem Gesetz folgt, daß beispielsweise die Verdoppelung einer Rohrlänge zur Verdoppelung des Strömungswiderstandes, eine Verdoppelung des Innendurchmessers dieses Rohres aber zu einer Verkleinerung des Strömungswiderstandes auf ein Sechzehntel führt.

Unter der Berücksichtigung der drei Kriterien Muskelpumpe, Sogkraft des rechten Vorhofs und Strömungswiderstand ergeben sich für das Myokard des rechten und des linken Herzens verschiedene Bedingungen:

Linkes Herz: Hier ist das Myokard dick und sorgt damit als starke Muskelpumpe für eine gute venöse Ableitung. Die Sogkraft des rechten Herzens ist von untergeordneter Bedeutung. Sie ist in den feinen, peripheren Venenwurzeln nur noch schwach ausgeprägt. Der Grund dafür liegt in den relativ großen Entfernungen, die das Blut bis zum Atrium dextrum zurückzulegen hat. Der Strömungswiderstand ist proportional der Länge der Gefäße und hier also vergleichsweise groß. Die einzelnen Zuflüsse nehmen den kürzesten und direktesten Weg zu dem großlumigen Sinus coronarius.

Rechtes Herz: Die Muskelpumpenwirkung ist wegen der geringen Myokarddicke des Vorhofs und der Kammer von untergeordneter Bedeutung. Deshalb muß die Sogwirkung des rechten Vorhofs - vor allem in der Diastole - möglichst uneingeschränkt auf

das venöse Blut wirken. Das wird dadurch erleichtert, daß die Venen aus dem Myokard des Ventrikels nur eine kurze Entfernung bis zum rechten Vorhof zu überbrücken haben. Mehrere kurze Venen führen wegen des größeren Gesamtquerschnittes zu einem geringeren Strömungswiderstand als wenige lange. Gemeinsame Gefäßstämme, gebildet aus mehreren Venae cordis anteriores, sind strömungsmechanisch günstiger anzusehen, als mehrere parallel verlaufende Venen. Sammelgefäße mit einem großen Einzugsgebiet, zum Beispiel eine kräftige Vena cordis parva, stellen jedoch einen Umweg dar, da sie nicht direkt auf den rechten Vorhof zulaufen.

Nach HABERMEHL (1967) und nach meinen eigenen Befunden stellt das Vorhandensein einer Vena cordis parva des menschlichen Herzens mit 20-30% eher eine Ausnahme als die Regel dar: "Gehen wir von der Vorstellung aus, daß am frühembryonalen Herzen sämtliche Herzeigenvenen in den Sinus coronarius einmünden, so können wir annehmen, daß es in späteren Entwicklungsphasen durch die funktionell bedingte stärkere Entwicklung der Wand und damit der Zahl der Blutgefäße des linken Ventrikels zu einem stark vermehrten Blutangebot aus diesem Herzabschnitt an den Sinus coronarius kommt. Dieser ist nicht mehr in der Lage, das gesamte Herzeigenvenenblut in ausreichender Menge aufzunehmen und mit der nötigen Schnelligkeit an das rechte Atrium abzugeben. Die dadurch erforderliche Entlastung des gemeinsamen zentralen Venensammelrohres müßte folgerichtig zunächst die am weitesten vom Sinus coronarius entfernten Venen der rechten

Herzhälfte betreffen, zumal diese ja direkte, strömungstechnisch günstige Lagebeziehungen zum rechten Atrium besitzen. Das ursprünglich gemeinsame Sammelrohr dieser Venen verliert zunächst die Verbindung zum Sinus coronarius und tritt selbständig in die rechte Vorkammer ein. Die weitere Entwicklung führt schließlich zum vollkommenen Schwund dieses Gefäßes und damit zum vollständig isolierten Eintreten aller Venen der rechten Herzwand in das rechte Atrium."

Nach HABERMEHL befindet sich das Herzvenenmuster also in einer Entwicklung, die zum Verlust der Vena cordis parva führt: "Es muß angenommen werden, daß Herzen, an denen alle Venen der Wand des rechten Ventrikels direkt in das rechte Atrium eintreten, eine höhere Entwicklungsstufe in der Gefäßanordnung erreicht haben als solche mit voll ausgebildeter Vena cordis parva."

MECHANIK (1934) hat fünf Stadien dieser Reduktion vom phylogenetisch älteren Sinussammelsystem mit der Vena cordis parva zum jüngeren System der reichlich ausgebildeten Venae cordis anteriores aufgestellt:

1. Die kräftige Vena cordis parva nimmt alle Venen des rechten Herzens mit Ausnahme der Zuflüsse der Vena cordis media auf (Abb.28a).

2. (1.Grad der Reduktion) Die erste Wurzel der mittelstarken Vena cordis parva entspricht der Vena marginalis dextra (Galenii); einzelne Venae cordis anteriores münden direkt in den rechten Vorhof (Abb.28b)

3. (2.Grad der Reduktion) Die schmale Vena cordis parva erhält Zuflüsse nur von der Hinterwand der rechten Kammer. Die Vena marginalis dextra und andere Venae cordis anteriores münden gemeinsam direkt in den rechten Vorhof.

4. (3.Grad der Reduktion) Die Vena cordis parva ist nicht vorhanden. Alle Venen aus ihrem Einzugsgebiet münden selbständig in den rechten Vorhof (Abb.28c).

5. (4.Grad der Reduktion) Auch die Vena cordis media mündet nicht mehr in den Sinus coronarius, sondern in den rechten Vorhof (Abb.28d).

Je nach Grad der Reduktion kann die Vena marginalis dextra eine eigenständige Vena cordis anterior oder eine Wurzel der Vena cordis parva sein.

3. VERGLEICHENDE ANATOMIE DER HERZVENEN

Da die Nomenklatur der Venen des Myokards des rechten Herzens in der Human- und in der Veterinärmedizin teilweise unterschiedlich ist, stelle ich hier einige Termini, die in den folgenden Ausführungen von Bedeutung sind, gegenüber:

Pariser nomina anatomica	Nomina anatomica veterinaria
Vena cordis parva	Vena circumflexa dextra Vena semicircumflexa dextra Vena cordis dextra Vena coronaria dextra right cardiac vein
Venae cordis anteriores	Venae cordis parvae

3.1. Vergleichende Anatomie der Venen der Vorder-, Seiten- und Hinterfläche des rechten Herzens bei verschiedenen Tierarten

1. Beim Froschherzen finden sich keine großen Venenstämme (BAUEREISEN 1953). Der Stoffaustausch erfolgt nur über Diffusion. Die spongiöse Wandstruktur schafft große Diffusionsflächen.

2. Eichhörnchenverwandte und Biber (BERG 1965): Es gibt eine Vena coronaria dextra, die alle Venen des rechten Herzens aufnimmt und in den Sinus coronarius mündet.

3. Ratte (HALPERN 1953): Aus der rechten Seite des Conus pulmonalis zieht eine schmale "conoanastomotische" Vene nach Aufnahme aller kleinen Venen des Conus pulmonalis nach schrägem Verlauf über den Aortenbogen in die linke, vordere Vena cava. Aus der vorderen und lateralen Wand des rechten Ventrikels entspringt die "right cardiac vein", die sich selbständig in den rechten Vorhof eröffnet. BERG (1965) kommt hingegen zu dem Ergebnis, daß sich vier Venae cordis parvae direkt in das rechte Atrium ergießen.

4. Kaninchen (BERG 1965): Drei Venae cordis parvae münden direkt in das rechte Atrium.

5. Frettchen (BERG 1965): Vier bis fünf Venae cordis parvae, von denen die aortennahen direkt, die sinus-nahen nach Bildung eines gemeinsamen Stammes in das rechte Atrium münden.

6. Schwein (RICKERT 1955, BERG 1965): Es liegt eine Vena semicircumflexa dextra als Sammelgefäß für den Ramus ventricularis dexter proximalis, den Ramus atrialis dexter und die Vena adiposa vor, die beim Wild- und beim Hausschwein sinus-coronarius-nah in das rechte Atrium mündet.

7. ^eWiderkäuer (HABERMEHL 1967): Alle Venen des Myokards der rechten Herzhälfte treten einzeln in den rechten Vorhof ein. Selten gibt es dabei bei - wie bei der Ziege - einen gemeinsamen Kanal aus zwei Venen.

8. Hund (GREGG 1947, HABERMEHL 1967): Alle Venen der Facies sternocostalis des rechten Herzens münden voneinander getrennt und direkt in den rechten Vorhof. Auf der Facies diaphragmatica jedoch liegt eine Vena semicircumflexa dextra mit einer Öffnung zum Sinus coronarius.

9. Pferd (HOFFMANN 1960): Die Venae cordis parvae erreichen alle den rechten Vorhof und münden zwischen den Muskuli pectinati. Sie werden allerdings durch eine im Sulcus coronarius dexter verlaufende, schwache Schaltvene miteinander verbunden. Diese Venen anastomosiert mit der Vena cordis media.

10. Katze (BERG 1965, HABERMEHL 1967): Bei 50% der untersuchten Fälle treten die meisten Venae cordis parvae über eine gemeinsame Vena semicircumflexa dextra in den rechten Vorhof ein. In weiteren 25% münden die Venae cordis parvae einzeln oder paarweise in das rechte Atrium. Ein der Vena cordis parva des Menschen entsprechendes Gefäß war nur selten vorhanden.

11. Schimpanse (FRICK 1970): Die Vena cordis dextra sammelt kleinere Venen vom Conus arteriosus, der Vorderwand des rechten Ventrikels und des rechten Herzohres und öffnet sich in den rechten Vorhof.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß - mit Ausnahme der Herzen von Hund und vielleicht Pferd - an den untersuchten Spezies kein der Vena cordis parva entsprechendes Gefäß beobachtet werden konnte.

Die zitierten Autoren beschreiben keine Verbindungen zwischen extramural gelegenen Venen und eventuell vorhandenen intramuralen Sinus.

3.2. Die Herzvenen in der Phylogenese

Die Herzvenen sind im Vergleich zu den Koronararterien stammesgeschichtlich noch wenig erforscht. Nach GRANT und REGNIER (1926) entstanden die Herzvenen in der Evolution aus zwei extrakardialen Anlagen: den kephalischen und den kaudalen Gefäßen. Die beiden Autoren führen im Einzelnen folgende Entwicklungsstadien auf:

Die primitiven Amphibienherzen werden durch das zirkulierende Blut in den eigenen intratrabekulären Räumen versorgt. Es besteht kein eigenes Venensystem.

Dieses ist erstmals bei den Herzen der Aale und Rochen anzutreffen: Die Herzvenen verlassen über Bindegewebsbrücken das Myokard. Die kephalischen Venen führen das Blut aus der Wand des Truncus arteriosus und des Bulbus cordis in die Jugularvenen. Die kaudalen Venen aus dem lateralen und apikalen Herzbereich sind größer und verlaufen über die Ligg. cardiaca zu den Venae epigastricae und den Ductus Cuvieri.

Bei den Fischen münden die kephalischen Venen bereits in den Sinus venosus.

Bei den Reptilien hat der Anteil der kephalischen Venen an der venösen Drainage der Herzmuskulatur abgenommen.

Bei den Vögeln und Säugetieren überwiegen die kaudalen Venen, die kleinen kephalischen Venen bleiben aber bestehen. Sie finden sich als Perikardvenen, die auch die Wände des Bulbus cordis, der Aorta und der Arteria pulmonalis drainieren und dann über die Vena diaphragmatica in die Vena subclavia sinistra einmünden. Die kaudalen Herzvenen münden nicht mehr weit vom Herzen entfernt in die Körpervenen, sondern direkt in den Sinus venosus, bzw. bei den Mammalia in den Sinus coronarius.

Nach den vergleichend-anatomischen Untersuchungen von HEINE (1976) wird das Herz der Amphibien durch Diffusion über Intertrabekularspalten ernährt. Von einem leistungsfähigen Herzvenensystem kann erst bei Vögeln und niederen Säugetieren gesprochen werden. Das Myokard hat sich von einer Substantia spongiosa zu einer Substantia compacta verdichtet, die durch Diffusion aus den Herzkammern alleine nicht mehr erhöht werden kann. Das Spaltlückensystem bildet sich jedoch nicht völlig zurück, sondern bleibt als Thebesisches System erhalten.

Bei den primitiven Säugetieren weisen die Herzvenen ein Grundmuster von vier Gefäßstämmen auf (HEINE 1976): Die Vena cordis magna, die Vena cordis media, die Vena ventriculi dextri und die Vena cordis marginalis dextra. Die Vena ventriculi dextri ist bei höher entwickelten Säugetieren nicht ausgebildet. Bei diesen Herzen findet sich eventuell wegen der vermehrten Beanspruchung des linken Herzens statt dessen eine starke Vena posterior ventriculi sinistri.

Die Vena cordis magna mündet bei allen Säugetieren immer in den Sinus coronarius, der aus dem linken Sinushorn entstanden ist.

Die Vena cordis media ergießt sich ebenso in den Sinus coronarius oder bei weniger entwickelten Säugetieren in den rechten Vorhof zwischen den beiden Hohlvenenmündungen - dem ehemaligen Sinus venosus. Auch die Vena cordis marginalis dextra kann Beziehung zu dem Sinus-venosus-gewebe haben, in das sie z.B. bei der Beutelratte häufig einmündet. Bei den Herzen höher entwickelter Säugetiere hat die Vena cordis marginalis dextra den Anschluß an das Gewebe des Sinus venosus verloren und mündet kurz nach Überquerung des Sulcus coronarius in den rechten Vorhof (Ausnahme s.S.15).

Bei den Vögeln ist ein der Vena marginalis dextra entsprechendes Gefäß nicht zu erkennen. Im Bereich des rechten Herzrandes finden sich bis zu sechs Venae cordis parvae.

4. DIE BEDEUTUNG DER VENENSYSTEME DES HERZENS IM TIEREXPERIMENT UND IN DER HUMANMEDIZIN

Genaue Kenntnisse über das Verteilungsmuster der menschlichen Herzgefäße sind von großer klinischer Bedeutung. Beispielsweise ist die operative Behandlung des ischämischen Myokards bei stenosierender Koronararteriosklerose durch Anlegen eines Vena-saphena-Bypass nur unter peinlicher Beachtung aller anatomischen Gegebenheiten erfolgreich. Dabei wurde und wird aber die Bedeutung der Herzvenen oft vernachlässigt. Es gibt mehrere Gebiete, in denen gerade die Herzvenen therapeutische Lösungsmöglichkeiten bieten:

4.1. Venöse Perfusion mit arteriellem oder venösem Blut

4.1.1. Tierexperimente

PRATT (1898) machte erstmals darauf aufmerksam, daß Myokardgewebe nicht unbedingt über Kranzarterien versorgt werden muß. Durch Versuche vor allem an Katzen und Hunden zeigte er, daß umschriebene Areale der Herzmuskulatur auch über einen retrograden Fluß in den Herzvenen und über die Venae Thebesii ernährt werden können.

Es gibt zwei unterschiedliche Verfahren, den Herzmuskel über die Herzvenen zu versorgen: das eine mit venösem und das andere mit arteriellem Blut.

- Venöses Blut: GREGG (1938) legte an 28 Hundeherzen eine Ligatur an den Koronarsinus und führte Messungen von Druck und Sauerstoffgehalt in den Herzvenen, -kapillaren und -arterien durch. Der Bluteinstrom in die Kranzarterien über den Sinus Valsalvae war verzögert oder ganz unterbrochen, der retrograde Einstrom über die Herzvenen war jedoch stark gesteigert. Da das Blut jedoch an Sauerstoff ungesättigt war, hielt GREGG es für die Versorgung einer mangelhaft durchbluteten Region nicht geeignet. GROSS (1937) stellte jedoch ebenfalls nach Ligatur des Sinus coronarius von Hunden fest, daß bei gleichzeitigem Verschuß des Ramus interventricularis anterior kein Infarkt entstand. Das gestaute, bzw. zurückfließende venöse Blut schien zumindest für eine Notversorgung des Myokards vorübergehend auszureichen. Der Abfluß des venösen Blutes erfolgte vermutlich über Anastomosen vor allem zu den Venen des rechten Herzens und über tiefen Anastomosen der Venae Thebesii. GROSS schlug schon 1937 eine Verbesserung dieser Methode durch unmittelbare Arterialisierung der Herzvenen vor.

- Arterielltes Blut: ROBERTS (1943) leitete bei Hunden arterielles Blut aus dem Truncus brachiocephalicus oder der Arteria subclavia sinistra in den Sinus coronarius ein. Nach Abklemmung des Sinus coronarius an seiner Mündung in den rechten Vorhof wurde der Ramus interventricularis anterior der linken Kranzarterie abgebunden. Unter dem erhöhten arteriellen Druck wurden die Koronarvenen erweitert und pulsierten. Die Herzaktionen waren über 26 Stunden regelmäßig.

BECK konnte 1948 bestätigen, daß die Herzvenen von gesunden, kräftigen Hunden den arteriellen Druck über Monate tolerieren. Die arterialisierten Herzvenen entwickeln dabei aber Wandveränderungen im Sinne einer Phlebosklerose.

POIRIER (1975) verschloß bei Hunden die Sinusmündung in den rechten Vorhof mit einem Ballonkatheter, durch den arterialisiertes Blut eingeleitet wurde. Als Abflußwege betrachtete er die Sinusoide der Venae Thebesii und das engmaschige subepikardiale Venennetz mit retrograder Perfusionsrichtung im Verhältnis von 4 : 1.

Im einzelnen wurden folgende arterio - venöse Anastomosen der Herzmuskulatur im Tierexperiment durchgeführt:

Sinus coronarius	linker Vorhof	(FELIX nach GÖTZ 1976)
	Aorta	(BECK 1948)
	Aorta - Venenbypass	(MOLL 1973)
	Arteria carotis	(BECK 1948)
	Arteria coronaria dextra	(BECK 1948)
	Truncus brachiocephalicus	(ROBERTS 1943)
	Arteria subclavia	(ROBERTS 1943)
	Aorta	(MOLL 1973)
Vena cordis magna	Arteria mammaria interna	(CHIU 1975)

4.1.2. Indikationen für die klinische Anwendung

Gerade die Patienten mit schweren Durchblutungsstörungen des Myokards könnten aus den experimentell gewonnenen Ergebnissen profitieren:

- Eine Operation, durch die der ischämische Herzmuskel durch arterielle oder venöse Perfusion des Sinus coronarius und der in ihn einmündenden Venen ernährt werden würde, hätte vor allem für Patienten mit schwergradiger stenosierender Koronarsklerose Bedeutung, wenn wegen zu hohem Alter und wegen fortgeschrittener Myokardschädigung durch mehrfache Verschlüsse der Koronararterien eine aorto-koronare Bypass-Operation nicht mehr in Frage kommt. Das technische Vorgehen bei Arterialisierung der Herzvenen ist vergleichsweise einfach und bedeutet deshalb ein geringeres Operationsrisiko im Gegensatz zu den Eingriffen an den Kranzarterien (GÖTZ 1976). Nach HAMMOND (1967) haben Operationen wie das Anlegen eines aorto - koronaren Vena saphena - Bypass eine relativ hohe Mortalitätsrate. Die überwiegende Ursache dafür liegt im Auftreten von intra- und postoperativen Rhythmusstörungen, die heute allerdings mit einer verbesserten Technik der Schrittmachergeräte reduziert worden sind.

Nach meiner Kenntnis war BECK (1948) der erste, der beim Menschen eine retrograde arterielle Perfusion versuchte: er verpflanzte bei einem 45jährigen Patienten ein Stück der

Arteria brachialis zwischen Aorta und Sinus coronarius. Nach 24 Stunden guter Herzfunktion verstarb der Patient plötzlich, vermutlich an einem frischen Herzinfarkt.

4.1.3. Hindernisse der retrograden Versorgung des Myokards über die Herzvenen

Trotz der relativ erfolgreichen Tierversuche wird die retrograde arterielle Versorgung des Myokards über Venen nach Anlegen eines Bypasses mittels eines Venentransplantats kaum klinisch angewandt. Dafür sind mehrere Gründe zu nennen:

- Es fehlen Langzeituntersuchungen zum Beispiel über die feingeweblichen Veränderungen und die Durchgängigkeit der Venentransplantate.
- Wegen der Notwendigkeit der intensiven arteriellen Versorgung des Sinus- und des AV-Knotens muß trotz ausreichender retrograder, venöser Perfusion des Arbeitsmyokards ein gewisser koronarer Fluß gewährleistet sein (SCHULTZ 1976).
- Ein Großteil des in die Venen geleiteten, oxygenisierten Blutes erreicht das ischämische Myokard nicht, sondern fließt ungenützt über die Sinusoide der Venae Thebesii und kurzgeschlossene Venen in die Herzzinnenräume ab (MOLL 1973).
- Die an der Mündung von Venen in den Sinus coronarius vorhandenen Klappen können eine Strömungsumkehr in den entsprechenden Venen verhindern (MOLL 1973).

4.2. Venöse Abflußstörungen bei pathologischem Perfusionsszintigramm

SIMON (1976) berichtet von fünf Patienten, die an Angina pectoris litten, pathologische Veränderungen im Belastungs-EKG, Störungen der myokardialen Perfusionsverteilung im Szintigramm, aber normale Korangiogramme aufwiesen. Diese ungewöhnliche Konstellation liegt nach SIMON in einer schlechten Partikelverteilung bei sehr kurzem Stamm der linken Kranzarterie oder in einer Koronarsinusthrombose begründet.

Es ist jedoch noch eine andere Ursache für die myokardiale Durchblutungsstörung denkbar: Die Venen könnten durch über ihnen verlaufende Arterien gegen das Myokard gepreßt, gleichsam "abgedrückt" oder durch Myokardbrücken behindert werden. Das wird besonders deutlich im Stromgebiet der Vena cordis magna. Sie liegt in 83% der von mir untersuchten Fälle unter einem oder mehreren Ästen der linken Kranzarterie. In 2% der Fälle beobachtete ich kurze intramurale Verlaufsstrecken der großen Herzvene im oberen Sulcus interventricularis anterior.

LITERATUR

- 1 ADACHI, B. und MOCHIZUKI, S.:
Das Venensystem der Japaner, in: Die Anatomie der Japaner, Bd 2, Kenkyusha, Tokyo 1933
- 2 AHO, A.:
On the venous network of the human heart. Ann.med.exp. biol.Fenn. 28, 15-58, (1950)
- 3 BAUEREISEN:
Normale Physiologie des Herzens, in: Das Herz des Menschen, Bd 1, 313-354, hrsg. von W. Bargmann und W. Doerr, Thieme, Stuttgart 1963
- 4 BECK, C.S.; STANTON, E.; BATIUCHOK, W. und LEITER, E.:
Revascularisation of heart by graft of systemic artery into coronary sinus. J.Amer.med.ass. 137, 435-442 (1948)
- 5 BENNETT, H.S.:
The development of blood supply to the heart of the embryo pig. Amer.J.Anat. 60, 27-53 (1936)
- 6 BENNINGHOFF, A. und GOERTTLER, K.:
Lehrbuch der Anatomie des Menschen Bd 2, 11. Aufl., Urban u. Schwarzenberg, München-Wien-Baltimore 1977

7 BERG, R.:

Zur Morphologie der Koronargefäße des Schweines unter besonderer Berücksichtigung ihres Verhaltens zum Myokard. Arch.exp.vet.Med. 19, 1145-1307 (1965)

8 BRAUS, H. und ELZE, C.:

Anatomie des Menschen Bd 2. Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1960

9 CHIU, C.J. und MULDER, D.S.:

Selective arterialization of coronary veins for diffuse coronary occlusion. Amer.College Surgeons, zit. nach Praxiskurier 12, 13 (1975)

10 ESPERANCA PINA, J.A.:

Morphological study on the human anterior cardiac veins, venae cordis anteriores. Acta anat. 92, 145-159 (1975)

11 FELIX, R.:

Selektives Koronarogramm und koronares Perfusions-szintigramm. Fortschr.Röntgenstr. 122, 345-351 (1975)

12 FENEIS, H.:

Anatomisches Bildwörterbuch, 4.Aufl., Thieme, Stuttgart 1974

13 FRICK, H.:

Heart of the chimpanzee, The Chimpanzee 3, 295-336,
Karger, Basel-München-NewYork 1970

14 GOERTTLER, K.:

Entwicklungsgeschichte des Menschen, Springer, Berlin-
-Göttingen-Heidelberg 1950

15 GOERTTLER, K.:

Entwicklungsgeschichte des Herzens. In: Das Herz des
Menschen, Bd. 1, hrsg. von W. Bargmann und W. Doerr,
Thieme, Stuttgart 1963

16 GÖTZ, F.:

Betr.: Retrograde Perfusion des Myokards. Briefverkehr
mit Priv. Doz. Dr. M. v. LÜDINGHAUSEN (1975, 1976)

17 Grant, R.T. und REGNIER, M.:

The comparative anatomy of the cardiac coronary
vessels. Heart 13, 285-310 (1926)

18 GREGG, D.E. und DEWALD, D.:

Immediate effects of coronary sinus ligation
dynamics of coronary circulation. Proc. Exper. Biol. Med.
39, 202-204 (1938)

19 GREGG, D.E. und SHIPLEY, R.:

Studies of the venous drainage of the heart. Amer.J.
Physiol. 151, 13-25 (1947)

20 GROSS, L.; BLUM, L. und SILVERMAN, G.:

Experimental attempts to increase blood supply to the
dog's heart by means of coronary sinus occlusion.
J.Exper.Med. 65, 91-108 (1937)

21 HABERMEHL, K.H.:

Zur Variationsbreite des Koronarvenenmusters bei
Mensch und Haussäugetier. Zbl.Vet.Med. A. 14,
777-788 (1967)

22 HALPERN, M.H.:

Extracoronary cardiac veins in the rat.
Am.J.Anat. 92, 307-327 (1953)

23 HAMMOND, G.L.; DAVIES, A.L. und AUSTEN, W.G.:

Retrograde coronary sinus perfusion. Ann.Surg. 166,
39 (1967)

24 HEINE, H.:

Stammes- und Entwicklungsgeschichte des Herzens lun-
genatmender Wirbeltiere. Abh.senckenb.naturforsch.
Ges. 535, W.Kramer, Frankfurt a.M. 1976

25 HOFFMANN, V.:

Die Blutgefäßversorgung des Pferdeherzens. Inaug.
Diss., Vet.med.Fak., Gießen 1960

26 HURST, J.W.:

The heart, Vol.3, McGraw Hill, NewYork (1974)

27 LEWIS, F.T.:

The question of sinusiods. Anat.Anz. 25, 261-279.
(1904)

28 LICATA, R.H.:

The human embronic heart in the ninth week. Amer.J.
Anat. 94, 73-125 (1954)

29 LICATA, R.H.:

Blood vessels and lymphatics. ed. D.I.Abramson,
Academic Press, NewYork-London 1962

30 McALPIN, W.A.:

Heart and coronary arteries. Springer, Berlin-
-Heidelberg-NewYork 1975

31 MECHANIK, N.:

Das Venensystem der Herzwände. Z.Anat.Entw.Gesch. 103,
813-843 (1934)

32 MOCHIZUKI, S.:

s. ADACHI, B. (1)

33 MOLL, J.W.:

Arterialisierung des Sinus coronarius, Thoraxchir. 21,
295-301 (1973)

34 POIRIER, R.A., GUYTON, R.A. und McINTOSH, CH.L.:

Drip retrograde coronary sinus perfusion for
myokardial protection. J.thor.cardiovasc.surg. 70,
966-873 (1975)

35 PRATT, F.H.:

The nutrition of the heart through the vessels of
thebesius and the coronary veins. Amer.J.Physiol. 1,
86-103 (1898)

36 RICKERT, J.:

Blutgefäßversorgung des Schweineherzens. Inaug.Diss.,
Tierärztl. Hochschule Hannover 1955

37 ROBERTS, J.T., BROWNE, R.S. und ROBERTS, G.:

Nourishment of the myocardium by way of the coronary
veins. Fed.Proc. 2, 90 (1943)

38 SCHULTZ, L.S. und LILLEHEI, R.C.:

Retrograd perfusion as a method for myocadial revascularization. Eur.surg.Res. 8, 358-376 (1976)

39 SIMON, H.:

Myokardiale Perfusionsstörungen. Briefverkehr mit
Priv.Do. M. v. LÜDINGHAUSEN (1976)

40 SOBOTTA, J. und BECHER, H.:

Atlas der Anatomie des Menschen. Hrgg. von H.Ferner
und J.Staubesand. 18.Aufl., Urban-Schwarzenberg,
München-Wien-Baltimore 1982

41 SPALTEHOLZ, W. und SPANNER, R.:

Handatlas der Anatomie des Menschen, Amsterdam (1961)
Hirzel, Zürich-Stuttgart 1954

42 STARCK, D.:

Embryologie. 2.Aufl., Thieme,Stuttgart 1965

43 TANDLER, J.:

Anatomie des Herzens, in: v.Bardelebens Handb.d.norm.
Anat.d.Menschen Bd 3, 1.Abt., Fischer,Jena 1913

VI. BILDMATERIAL

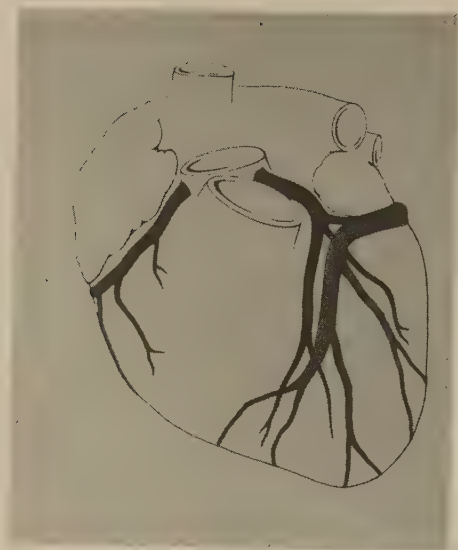


Abb. 1

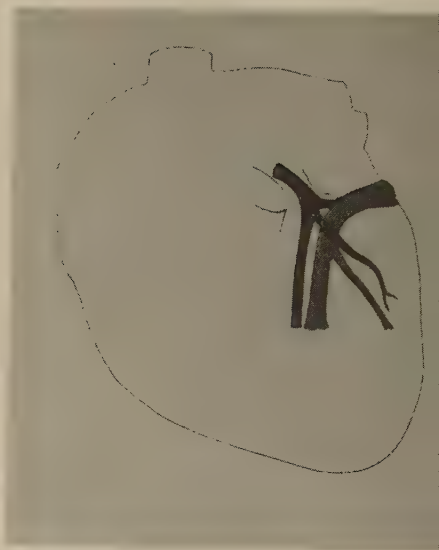


Abb. 2

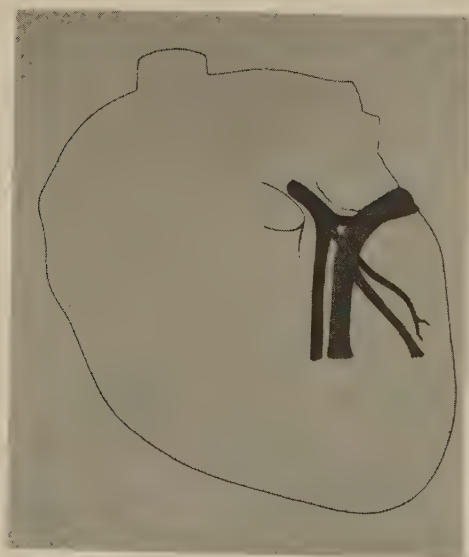


Abb 3

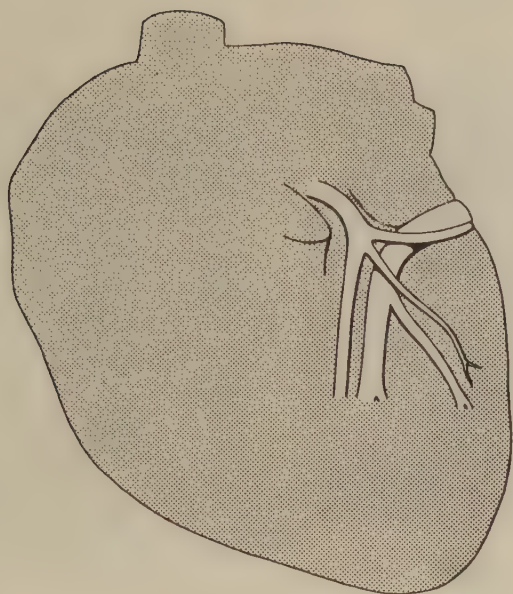


Abb. 4

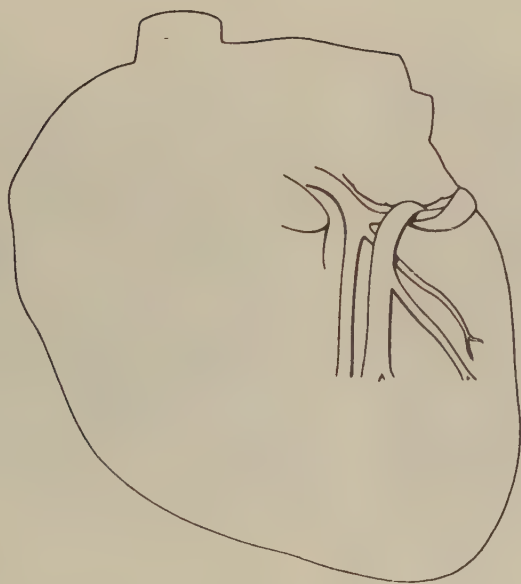


Abb. 5

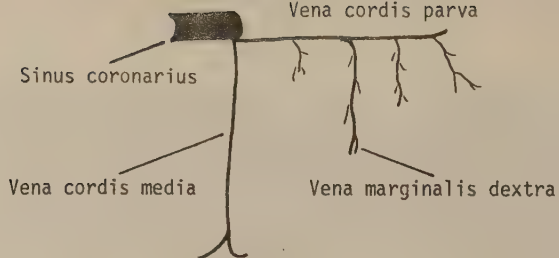


Abb. 8

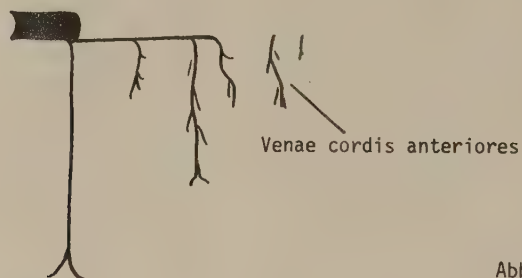


Abb. 9

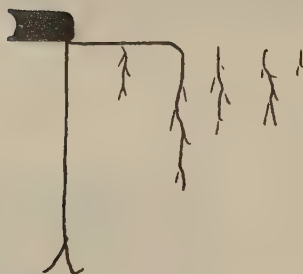


Abb. 10

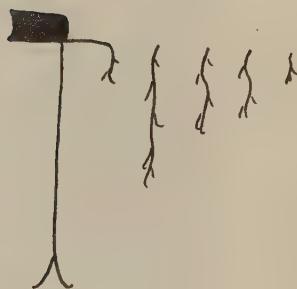
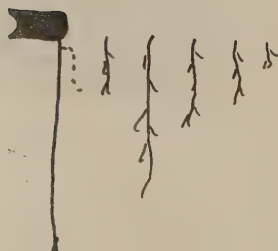


Abb. 11



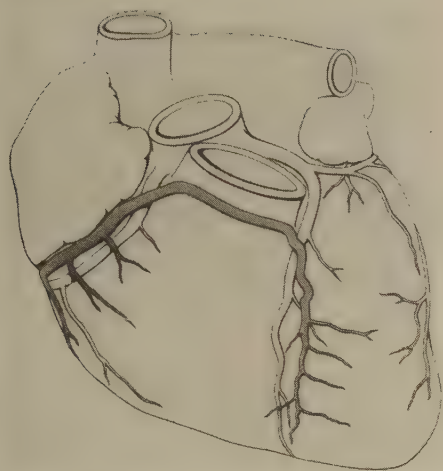


Abb. 6



Abb. 7

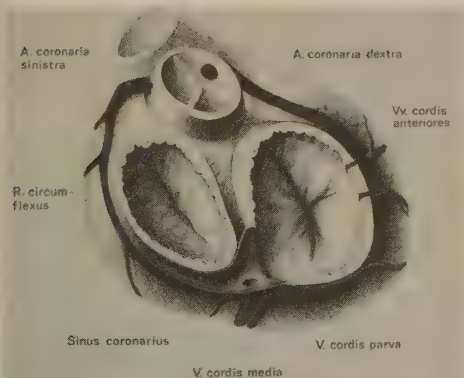


Abb. 13

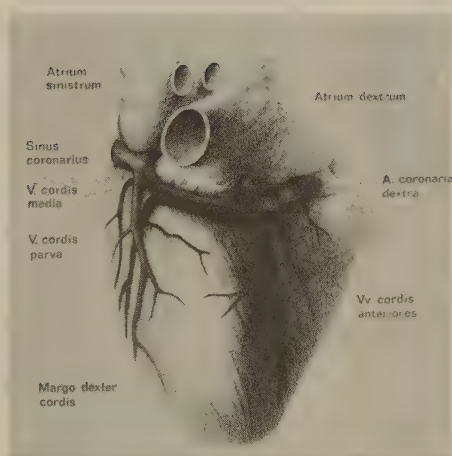


Abb. 14

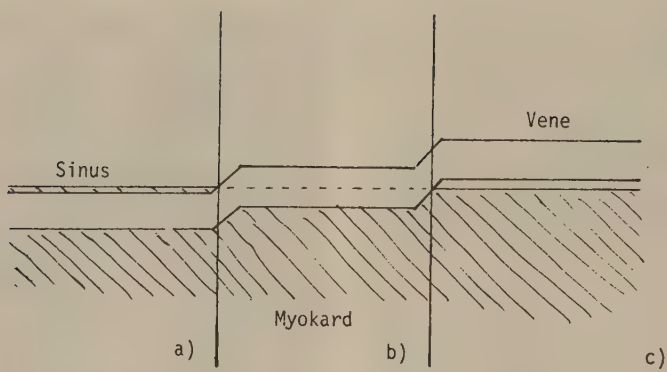


Abb. 15

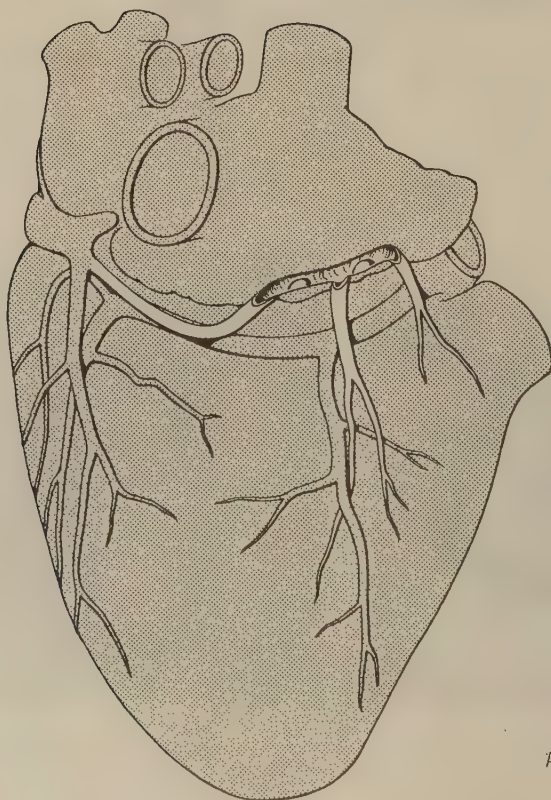


Abb. 20



Abb. 16

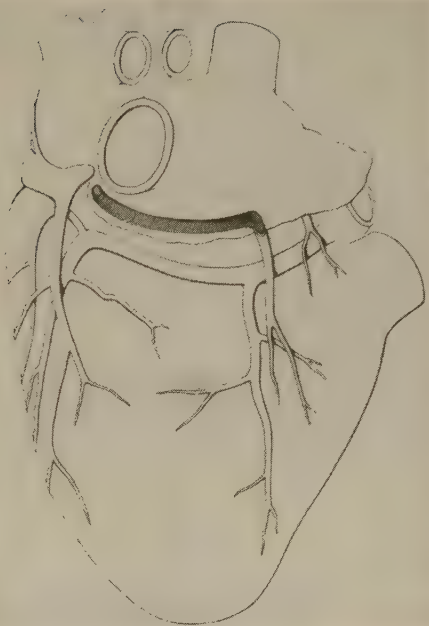


Abb. 17

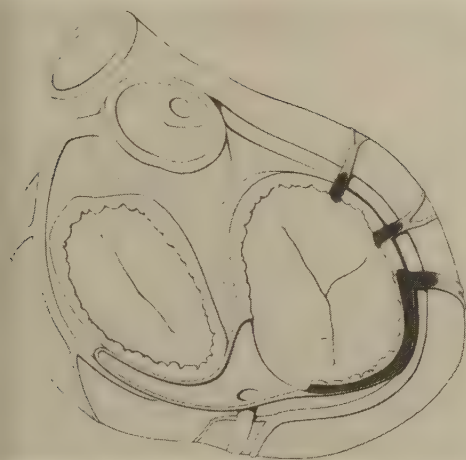


Abb. 18

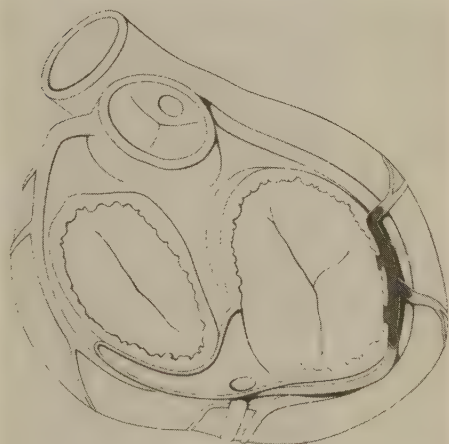


Abb. 19



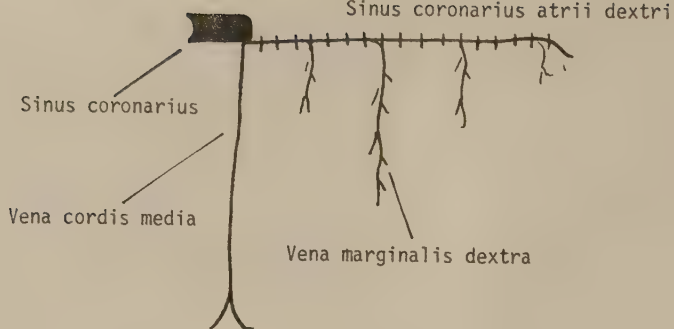


Abb. 21

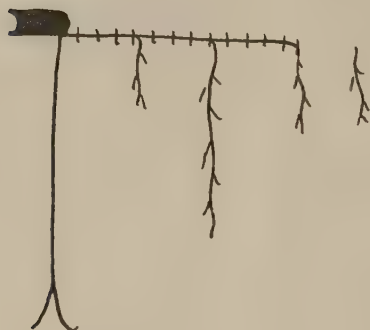


Abb. 22

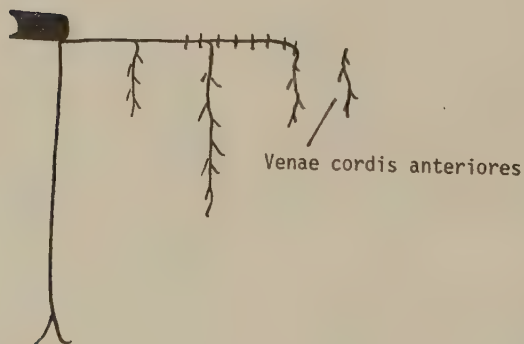
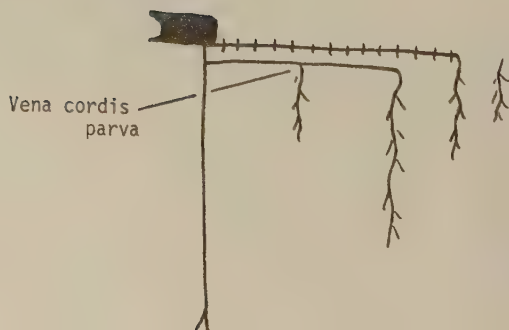


Abb. 23



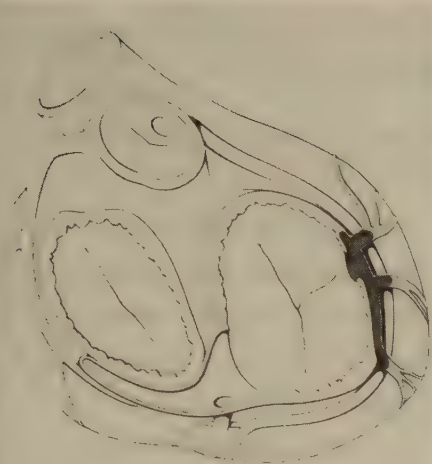


Abb. 26

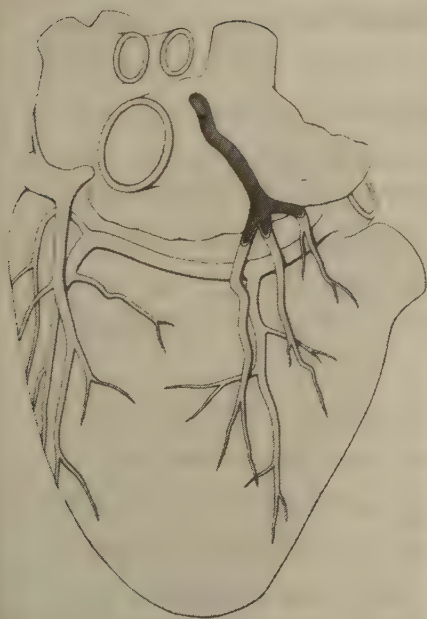


Abb. 27



Abb. 28

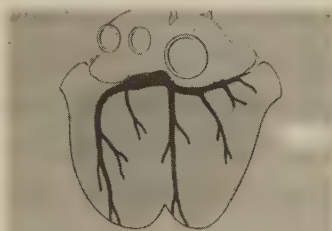


Abb. 29a

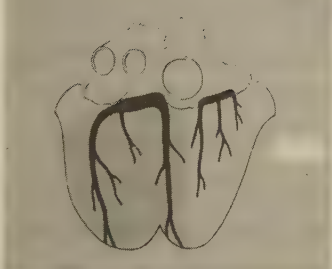


Abb. 29b



Abb. 29c

VII. ZUSAMMENFASSUNG

Bei der Untersuchung der subepikardialen Venen an 134 menschlichen Herzen zeigten sich folgende Ergebnisse:

Die Vena cordis magna verläuft in 17 % über allen Ästen der A. coronaria sinistra, in 50 % nur unter dem Ramus diagonalis, in 7 % unter dem Ramus diagonalis und unter dem Ramus circumflexus, in 9 % nur unter dem Ramus circumflexus, in 4 % nur unter dem Ramus interventricularis anterior, in 11 % unter allen Ästen der linken Kranzarterie; in 2 % liegen Sonderfälle vor.

Die Vena cordis parva entspringt in 4 % auf der Facies sternocostalis; dabei fehlen die Venae cordis anteriores. In 10 % entsteht sie am Margo cordis dexter; hier lassen sich einige Venae cordis anteriores nachweisen. In 16 % bezieht sie sich nur auf die Facies diaphragmatica.

In 70 % der Fälle fehlt die Vena cordis parva.

Bei 84 % der untersuchten Herzen befindet sich in der Muskulatur des rechten Vorhofs parallel zum Sulcus coronarius ein venöser Tunnel, ein Sinus coronarius atrii dextri, in den die Venae cordis anteriores einmünden und der ein oder zwei Öffnungen zum Lumen des rechten Vorhofs hat.

In 64 % sind diese Tunnel 1 bis 3 cm lang und liegen entweder im Bereich der Vorder- oder der Seitenwand des rechten Vorhofs.

In 16 % sind sie über 3 cm lang und verlaufen halbkreisförmig von der Basis des rechten Herzhohles bis in die Nähe der Mündungsöffnung des Sinus coronarius. In 4 % hat ein Sinus coronarius atrii dextri eine Verbindung zur Vena cordis parva.

An 3 Präparaten liegt eine 0,5 bis 1 cm lange intramurale Verlaufsstrecke der Vena cordis magna vor.

VIII. L E B E N S L A U F

Am 10.9.1954 wurde ich als Sohn des Ingenieurs Kurt Müller und seiner Ehefrau Liselotte Müller, geb. Dorrong in München geboren.

Hier verbrachte ich meine Kindheit und besuchte die ersten 5 Klassen der Volksschule. 1965 kam ich auf das mathematisch-naturwissenschaftliche Klenzegymnasium, an dem ich 1975 die allgemeine Hochschulreife erlangte. Von 1975 bis 1977 besuchte ich die Krankenpflegeschule in München-Schwabing. Im Sommersemester 1977 begann ich an der Technischen Universität München das Studium der Humanmedizin, bestand im Frühjahr 1979 das Physikum, begann 1981 am Anatomischen Institut der Ludwig-Maximilians-Universität München meine Doktor - Arbeit und erhielt nach 12-semesterigem Studium im April 1983 die ärztliche Approbation. Seit Juli 1983 bin ich Assistenzarzt in der Anästhesieabteilung des Kreiskrankenhauses Mindelheim

